# 科学技術振興調整費
# 成果報告書

先導的研究等の推進　　事後評価

## 「横断的科学によるユビキタス情報社会の研究」

# 研究計画の概要

## ■研究の趣旨

微細加工技術、無線技術などの進展を背景として、あらゆる設備や機器に情報処理デバイスを組込んで、人々の活動を支援し、また、快適にすることをめざしたユビキタス情報社会の出現が期待され始めている。情報技術と設備・機器とを一体化した組込みシステム分野はわが国がもっとも得意とするところの一つであり、このような優位性をもった分野技術を世界に先駆けて開発し実用化してゆくことは、国家の技術戦略としても大いに望まれるところである。ここにおいて、技術開発の方向性を誤りなく見出すことは大変に難しいが、実社会との親和性や社会倫理に関する課題も含めて取組むこととすれば、社会と技術との結びつきを強固にし、的確な技術開発が展開できるものと期待される。

ところで、このような社会的な視点をもった技術開発を行うには、工学的な知見だけでは不十分で、人文社会科学的な知見との連携が不可欠である。この連携においては、何らかの拠り所が必要であるが、本研究では、昨今、新しい科学技術概念として生まれつつある横断型基幹科学技術の助けを得て、求められる異分野の知識、技術の橋渡しを行う。すなわち、本研究は横断型基幹科学技術の中でも中心的な存在であるシステム学によって、関連する工学、人文社会科学の知識を連携し、ユビキタス情報化に関する技術開発の適正な方向付けと、今後、望まれるであろう社会的な取組みなどに関する提言をめざすものである。

ユビキタス情報技術の研究に関して、本研究の着手時点では、米国では、国防総省高等研究計画局 DARPA（The Defense Advanced Research Project Agency)が主導し、マサチューセッツ工科大学、カーネギーメロン大学など米国の先導的な機関で研究が進められており、また、欧州連合の情報分野の研究開発推進機関 ISTAG（Information Society Technologies Advisory Group)は、ユビキタス情報化に概念的に類似した Ambient Intelligence と称する技術開発を着手し始めていた。しかし、いずれの研究開発においても、技術中心となっており社会との親和性に関する検討まではなされていなかった。

本研究では、技術に対する社会の観点として、社会倫理とライフスタイルとの二つの面からの検討を行う。あらゆる設備や機器に情報処理デバイスを組込もうとするユビキタス情報技術は、利便性をもたらすと同時に、利用者のプライバシーを脅かしたり、知らない内に著作権を侵害してしまったりするといった危険性をはらんでいる。とくに、人々にはその存在をあまり気づかせず済むようにしようというインタフェースの高度化をもめざすユビキタス情報化において、人の権利保護に関する基本的な考え方を現段階から検討を進める必要がある。このように、技術進歩を先取りする形で倫理的な検討を行うのに加えて、より実証的に、新技術に対する人々のライフスタイルの中での位置づけや望ましい技術の姿を考察することも不可欠である。ここでは、ユーザ工学的な見地から、家庭、地域など多層的な場面においてユビキタス情報技術がどのように捉えられているかを調査するとともに、人々の暮らしの中に望まれるユビキタス情報技術を構想することも並行して検討する。

一方、ユビキタス情報技術に関する研究としては、要素同士の連携システム化、異種システム間での連携など基本的な技術開発に加え、社会倫理研究やライフスタイル研究における関心事をいち早く具体的に取込むことを本研究ではめざす。さらに、ソフトウェア技術に関する国際的な地位獲得として強く望まれている標準化にも努力する。わが国が組込みシステムに関して先行していることからも解るように、この分野の技術水準は国際的にも高く位置している。しかしながら、これまでは、これらに係わる優れたソフトウェアが広く世界に活用されるに至っていないことが多かった。この点を鑑み、本研究では、国際的な標準化機関にソフトウェア技術を提案し標準を獲得することも重要な目標とする。

以上に述べた 3 つの研究は、それぞれが、まったく異なる背景知識をもって推進されるという性格をもっている。本研究の目的からすれば、これらの研究が相乗効果をもって推進されなければならない。問題解決型のための複数分野研究であれば解決に必要な分野知識を次々に投入することによって目標を達成することができるかもしれないが、本研究のごとく、複数の分野知見を活用して未来の情報社会を構想化することを主目的とする場合には、何らかの方法論や手段の導入が不可欠である。本研究では、横断型基幹科学技術の中でも中心的な位置づけがなされるシステム学にこの拠り所を求め、具体的には、人間の活動や情報処理機能の動作などの抽象的なモデル化とシミュレーション、知識の探索創造におけるファシリテーションなどによって異分野間での知識の相互理解や新しい知識の創発促進をめざす。

## ■研究の概要

研究の趣旨で述べたとおり、本研究は、人文社会科学的な視点から社会倫理研究とライフスタイル研究を、一方、これらと対をなす技術研究としてユビキタス情報化にとって基本となるシステム連携技術の研究、および、これらの研究の交流と協創を促進するためのシステム研究をサブテーマとして進める。

1．ユビキタス情報社会で要請される社会的倫理と適合的なネットワークに関する研究

ユビキタス情報社会において、利用者は多数の情報デバイス群に取り囲まれ、これらを通じてセンシングされた様々な情報がネットワークに流通することになる。この結果、個人のプライバシーを脅かす危険性がたかまり、さらには、監視社会につながる危険性を秘めている。本研究では、利用者の権利を尊重する立場から、ライフスタイルや技術研究に関する他のサブテーマの推進内容を参照しつつ、ユビキタス情報社会における適切な社会的倫理と法制度のあり方について、基本的な枠組みと要件の抽出をめざす。

2．ユビキタス情報社会のライフスタイルデザインに関する研究

ユビキタス情報技術が活用されるためには、利用者が現在過ごしている情報生活環境における不満や問題点を把握し、それに対する解決策を提示するような方向性が必要である。本研究では、人間中心設計の理念に立って、他の技術研究サブテーマでの推進内容を評価するとともに、情報システムに望まれる要件を明らかにすることをめざす。このために、以下の研究項目を推進する。

・人間中心設計の立場から、情報システムに望まれる要件定義をフィールド実験と概念構築を反復的に繰返すユーザ工学プロセスとして推進管理する研究。

・具体的な視点として、認知工学、および、ユニバーサルデザインの観点から情報システムに対する要件を検討するとともに、技術研究サブテーマの推進内容に対する評価確認を行う研究（認知工学、ユニバーサルデザインの二つの項目に分けて推進）。

・情報システムに対して提示された要件を具体的なシステムの姿として提示するためのプロトタイピングに関する研究。

3．ユビキタス情報システム構成に関する研究

多様な研究分野におけるユビキタス情報社会の理解を助け、これを協創に結びつけるために、情報システムに対する構成原理を明らかにすると同時に、人間系を含む基本的な事象に関するモデリング・シミュレーション技術を開発しておく必要がある。本研究では、自律分散概念に基づいたシステム構成原理の構築、社会制度や情報システム仕様が人間の社会行動に与える影響を評価するシミュレーション技術、および、個々の人間行動を規定する情報デバイスに関するアルゴリズムの構築をめざす。このために、以下の研究項目を推進する。

・ユビキタス情報システムが自律分散構造に向かうとの立場に立って、このシステム構成の主導原理を構築する研究。

・人間の社会的な行動への制度面、および、情報システム仕様面の影響を評価するためのエージェントシミュレーションに関する研究。

・ユビキタス情報システムの応用面からの基盤として個々の人間の行動を規定するユビキタス情報デバイス群のアルゴリズムに関する研究。

4．ユビキタス情報基盤の相互運用技術に関する研究

ユビキタス情報社会の技術的な基盤となる、情報デバイス群の連携動作を実現する情報基盤（ミドルウェア）技術の研究開発を行う。情報基盤として基本事項である、自律性と連携性を兼ね備えた機器組込みソフトウェア、および、異なったミドルウェアの相互運用技術を、他の研究サブテーマからの要求や指摘事項を考慮しながら開発することをめざす。また、この分野技術の国際標準化の獲得にも努力する。このために、以下の項目を推進する。

・自律性と連携性を兼ね備えた知的情報環境インフラのミドルウェアに関する研究、および、この分野技術に関する国際標準の獲得。

・今後、各地でユビキタス・ミドルウェアが開発されると予想されるが、これら異なったミドルウェアごとに構築されるユビキタス情報システム同士の相互運用に関する研究。

## ■実施体制

| 研　究　項　目 | 担当機関等 | 研究担当者 |
| --- | --- | --- |
| 1. ユビキタス情報社会で要請される社会的倫理と適合的なネットワークに関する研究 | | |
| (1) ユビキタス情報社会における制度・政策に関する研究 | 東京工科大学　メディア学部<br>(株)日立製作所 | ○山口　治男<br>木戸　邦彦 |
| 2. ユビキタス情報社会のライフスタイルデザインに関する研究 | | |
| (1) ユビキタス情報社会に対するユーザ工学的研究 | (独)メディア教育開発センター | ○黒須　正明 |
| (2) ユビキタス情報社会に対する認知工学的研究 | (独)メディア教育開発センター | 高橋　秀明 |
| (3) ユビキタス情報社会に対するユニバーサルデザイン的研究 | (株)ユーディット | 関根　千佳 |
| (4) ユビキタス情報社会に対するインタフェースデザイン的研究 | (株)日立製作所 | 星野　剛史 |
| 3. ユビキタス情報社会システム構成に関する研究 | | |
| (1) 自律分散システム構成の主導原理に関する研究 | (株)日立製作所 | ○佐々木　敏郎 |
| (2) エージェントシミュレーションに関する研究 | 東京大学大学院情報理工学系研究科 | 新　誠一 |
| (3) ユビキタス情報デバイス群のアルゴリズムに関する研究 | | |
| 4. ユビキタス情報基盤の相互運用に関する研究 | | |
| (1) 知的情報環境インフラのミドルウェアに関する研究 | (株)日立製作所 | ○小泉　稔 |
| (2) ユビキタス情報システムの相互運用性に関する研究 | 慶應義塾大学院政策・メディア研究科<br>東京大学大学院情報理工学系研究科 | 徳田　英幸<br>青山　友紀 |
| 5. 研究進捗管理 | (株)日立製作所 | ◎舩橋　誠壽 |

◎　代表者

○　サブテーマ責任者

## ■研究運営委員会

| 氏　名 | 所　　属 |
|---|---|
| 船橋　誠壽 | (株)日立製作所システム開発研究所　主管研究長 |
| 山口　治男 | 東京工科大学　メディア学部長 |
| 黒須　正明 | (独)メディア教育開発センター　教授 |
| 小泉　稔 | (株)日立製作所　システム開発研究所　第4部長 |
| 佐々木　敏郎 | (株)日立製作所　システム開発研究所　第1部長 |
| 青山　友紀 | 東京大学　大学院情報理工学系研究科電子情報学専攻　教授 |
| 新　誠一 | 東京大学　大学院情報理工学系研究科システム情報学専攻　助教授 |
| 関根　千佳 | (株)ユーディット　代表取締役社長 |
| 徳田　英幸 | 慶應義塾大学　大学院政策・メディア研究科　委員長 兼 環境情報学部　教授 |
| (外部有識者) | |
| ◎辻井　重男 | 情報セキュリティ大学院大学　学長 |
| 大沢　真理 | 東京大学　社会科学研究所　教授 |
| 田村　和子 | (社)共同通信社　客員論説委員 |
| 遠藤　隆也 | NTT アドバンステクノロジ(株)　H I 総合デザイナー |
| 西尾　章治郎 | 大阪大学　大学院情報科学研究科長 |

◎　研究運営委員長

# 研究成果の概要

## ■総　括

本研究では、2010 年頃のユビキタス情報社会の実現に向けて、人文社会科学と情報技術との知見をシステム学によって連携し、望まれる社会制度やガイドライン、情報システムに関する研究開発を遂行し、所定の成果を上げた。

社会的倫理の観点からは、ユビキタス情報社会におけるプライバシー問題に関して、法制度面の検討を行い、個人情報保護法を基本法と位置づけて技術分野や産業分野ごとの個別法やガイドラインの整備の必要性を提案するとともに、代表的なアプリケーションに対するガイドライン試案、および、これから導かれる情報システムに対する要件を提案した。一方、ライフスタイルのデザインという観点からは、ユーザ工学の枠組みにしたがって、社会が望む情報システムの姿を、家庭、地域など多層的に検討して近未来の市民生活を描いたシナリオとしてまとめた。情報技術開発においては、室内測位技術、計測系への透過的アクセス技術、情報サービスの流通技術、異種ミドルウェア間の連携技術などのユビキタス情報化における基本技術を開発するとともに、社会的な視点を反映したプライバシー保護のためのミドルウェアを開発した。また、本研究における機器仕様の表現は、分散オブジェクト技術に関する国際標準化機関において標準化することに成功した。複数分野の知識を結ぶシステム技術としては、自律分散概念から人と機械との協調形態の検討を通じてユビキタス情報システムの構成原理を求めるとともに、プライバシー保護やユーザビリティなどの制約のもとでの情報連携モデル、および、エージェントシミュレーションによるユビキタス情報社会における制度・情報システム仕様の評価技法を開発した。

以上の研究に加えて、サブテーマの交流・連携を通じてユビキタス情報化に向かっての総合的な検討を行った。具体的には、(1)ユビキタス情報化の意味づけとして、環境に情報処理デバイスが遍在するのと並行して、身体と情報技術との融合が進行すると想定し、この進展は、個々人の能力拡大に向けられると同時に他との連携深化に利用されるべきであると結論、(2)この結論をより具体的、詳細に検討できるようにいくつかのシナリオの形で描画、(3)今後の検討課題として、情報技術と身体性にかかわる諸問題への準備、所有する経済から動的に共有する経済への移行への貢献、個人保護概念の普及浸透を目指した事例研究、地域共同体の形成支援のための情報技術開発、を摘出した。

これらの成果は、ユビキタス情報化の方向性を、先端技術動向を踏まえつつ総合的に検討・構築した結果であり、その先鋭性において、本研究着手後に取り上げられるようになった類似研究や政策的な検討とは一線を画すものである。

## ■サブテーマ毎、個別課題毎の概要

サブテーマ1.　ユビキタス情報社会で要請される社会的倫理と適合的なネットワークに関する研究

研究課題 1-1　ユビキタス情報社会における制度・政策に関する研究

ユビキタス情報社会におけるプライバシー問題について、一般市民や各方面の専門家へのインタビュー調査を通じて、特に法制度面における問題点の検討を行った。その結果、個人情報保護法を基本法と位置づけるとともに技術分野や産業分野ごとの個別法やガイドライン整備の必要性を提案し、ユビキタス情報社会における代表的アプリケーションのガイドライン試案、および、これを踏まえた情報システムに対する要件を提案した。

サブテーマ 2.　ユビキタス情報化社会のライフスタイルデザインに関する研究

研究課題 2-1　ユビキタス情報社会に対するユーザ工学的研究

人間中心設計の枠組みにしたがって、利用状況の調査、要求事項の整理、試作、そして実証評価を行い、「ここメモ」というソーシャル・ネットワーキング・システムの提案につなげた。さらに、利用状況の調査から要求事項の整理を行うコアプロセスを効率化するために、マイクロシナリオ手法を開発し要点をガイドラインとしてまとめた。

研究課題 2-2　ユビキタス情報社会に対する認知工学的研究

人々と各種機器との関係のあり方を検討するために、日常生活における情報機器の使用実態に関する観察・インタビュー調査を行った。その結果、家庭では、機器の配置に家族のライフイベントが関連していること、地域では、活動範

囲や興味関心、日常生活のパターンが関連していることなどを得て、情報機器設計のためのガイドラインに反映した。

研究課題 2-3　ユビキタス情報社会に対するユニバーサルデザイン的研究

自治体と市民とのやり取りに注目した調査を行い、自治体と市民との間には情報の授受にすれ違いがあることを見出した。これに対処する「ここメモ」を提案し、実証実験で得た知見に基づいて、近未来の市民生活を描いたシナリオを作成した。またその分析結果をユニバーサルデザインの 7 原則に基づいてガイドラインの形でまとめた。

研究課題 2-4　ユビキタス情報社会に対するインタフェースデザイン的研究

インタフェースデザインの立場から、自治体を対象とした調査・仮想実験を行い、自治体と市民のコミュニケーションを活性化させる情報機能のプロトタイピングを行った。これを通じて得られた未来の情報社会のシナリオについて、多くの関係者にわかりやすく伝達するイラストを完成させるとともに、携帯端末のデザインを三種類提案した。

サブテーマ 3.　ユビキタス情報システム構成に関する研究

研究課題 3-1 自律分散システム構成の主導原理に関する研究

情報システム構成に対しシステム理論・技法が果たすべき主導原理を自律分散概念に基づいて研究した。具体的には、家電ネットワークを活用した省エネにおける人と機械の協調において、技術導入のしやすさ、人への親和性という観点から、可視化、モデル化、最適化というシステム原理・技法とその適用順序が重要であることを明らかにした。

研究課題 3-2 エージェントシミュレーションに関する研究

社会倫理研究やライフスタイルデザイン研究からの要求仕様を検証可能とする、マルチエージェントシミュレーション技術の研究を行った。特に、人々の間の大量の情報交換システムを中心に、社会的なルールの有効性、システム利用者の許容性を定量的に評価するシミュレーション技術を開発し、実験を通じてその有用性を明らかにした。

研究課題 3-3　ユビキタス情報デバイス群のアルゴリズムに関する研究

プライバシー保護などを考慮した情報連携に関するアルゴリズムを研究した。具体的には、ネットを通じた口コミ情報の共有問題を取上げ、匿名性の高い共有空間を形成するコミュニティ形成モデル、共有情報の中から確度の高い情報を発見する信頼モデル、実世界状況に応じて利用者に適切な情報を提供するユーザ理解モデルを開発した。

サブテーマ 4. ユビキタス情報基盤の相互運用技術に関する研究

研究課題 4-1 知的情報環境インフラのミドルウェアに関する研究

利用者の状況に応じたデバイス間の連携や社会的倫理に配慮したミドルウェアを研究した。具体的には、段階拡張可能な屋内測位システム、位置状況に応じたデバイス連携方式、連携時にプライバシーを保護するための交渉プロトコル、カメラシステムを開発し有効性を検証した。また、ここにおける機器表現方法について国際標準を獲得した。

研究課題 4-2 ユビキタス情報システムの相互運用性に関する研究

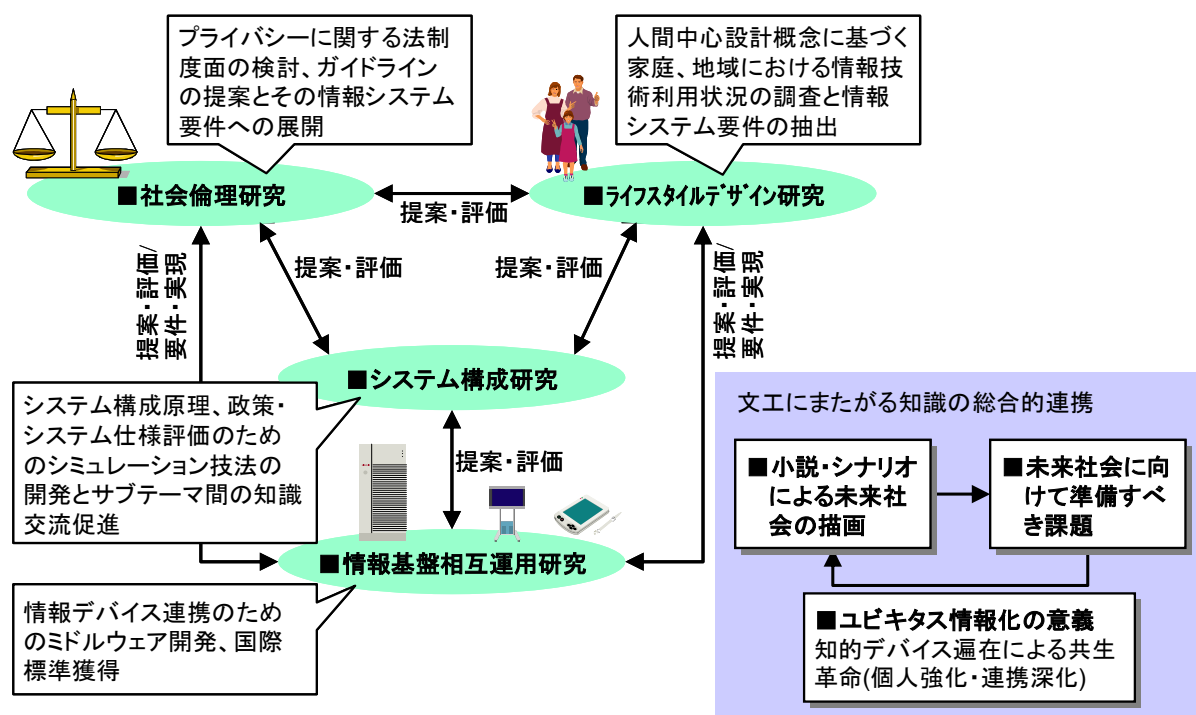
ミドルウェアの実装仕様が異なる場合でも、相互連携を可能とする方式を検討した。特に、センシングシステムへの透過的アクセス、サービスを別環境に持ち運ぶことができる実世界指向サービスなどを開発した。さらに、異種ミドルウェア連携のために、デバイス記述を正規化して構成管理情報を共有する相互接続方式を開発した。

## ■ 波及効果、発展方向、改善点等

我々の研究成果は、来るべきユビキタス情報社会に対して文工にまたがる複数分野の知見を結集して、社会的な見地からのシステム要件と、これを反映する情報技術やこの応用システム技術を明らかにしたものである。このようなアプローチは、技術の影響力が増大し、その社会的な親和性が強く望まれる今日の状況に対する有用な事例を提示したものと位置づけられる。ただし、このような試みは初めてのものであり、さらなる実践と方法論としての磨き上げが必要である。

本研究によって、個別の研究成果に加えて、今後、ユビキタス情報化に関連して多分野の専門家が力を合わせて早急に取組むべき新たな課題も摘出された。異分野の知見の連携や相乗効果の誘導に関する方法論の展開を含め、ここで新たに摘出した諸課題に取組んでゆきたい。また、ここで得た方法論的知見の範囲をより拡大して、今後益々重要になるとさ

れている市民との対話を通じた技術開発の方法論の具体化にも挑戦してゆきたい。

本研究のサブテーマ構成において、文工にまたがる複数分野の知見を結集するために、システム学に関するサブテーマを独立に設けたが、サブテーマ間の交流を円滑に行うためには、システム学に関するサブテーマの構成員の一部を他のサブテーマ人員と重複させるなど、サブテーマと人員配置との関係をより工夫する必要があったと考えている。

**横断的科学によるユビキタス情報社会の研究**

## ■所要経費

（単位：百万円）

| 研　究　項　目 | 担当機関等 | 研　究<br>担当者 | 所要経費 H14<br>年度 | H15<br>年度 | H16<br>年度 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. ユビキタス情報社会で要請される社会的倫理と適合的なネットワークに関する研究 | 東京工科大学<br>メディア学部 | 山口治男 | 11.864 | 10.279 | 8.296 | 30.439 |
| | (株)日立製作所 | 木戸邦彦 | 15.524 | 11.661 | 9.286 | 36.471 |
| 2. ユビキタス情報社会のライフスタイルデザインに関する研究 | (独)メディア教育<br>開発センター | 黒須正明<br>高橋秀明 | 6.727 | 10.407 | 9.538 | 26.672 |
| | (株)ユーディット | 関根千佳 | 4.396 | 17.728 | 13.868 | 35.992 |
| | (株)日立製作所 | 星野剛史 | 7.095 | 14.979 | 12.238 | 34.312 |
| 3. ユビキタス情報社会システム構成に関する研究 | (株)日立製作所 | 佐々木敏郎 | 15.733 | 24.518 | 18.251 | 58.502 |
| | 東京大学大学院<br>情報理工学系研究科 | 新誠一 | 2.030 | 1.092 | 0.432 | 3.554 |
| 4. ユビキタス情報基盤の相互運用に関する研究 | (株)日立製作所 | 小泉稔 | 23.884 | 31.420 | 23.267 | 78.571 |
| | 慶應義塾大学大学院<br>政策・メディア研究科 | 徳田英幸 | 11.911 | 8.273 | 7.361 | 27.545 |
| | 東京大学大学院<br>情報理工学系研究科 | 青山友紀 | 5.672 | 4.182 | 3.631 | 13.485 |
| 5. 研究進捗管理 | (株)日立製作所 | 舩橋　誠壽 | 11.332 | 3.693 | 7.862 | 22.887 |
| 所 要 経 費　（合　計） | | | 116.168 | 138.232 | 114.030 | 368.430 |

## ■使用区分

（単位：百万円）

| | サブテーマ 1 | サブテーマ 2 | サブテーマ 3 | サブテーマ 4 | 計 |
|---|---|---|---|---|---|
| 人件費 | 30.843 | 52.513 | 42.663 | 42.984 | 169.003 |
| 備品費 | 13.842 | 5.174 | 1.821 | 23.993 | 44.830 |
| 消耗品費 | 2.512 | 3.313 | 0.606 | 8.926 | 15.357 |
| 旅費 | 2.436 | 13.632 | 1.704 | 6.038 | 23.810 |
| その他 | 17.277 | 22.344 | 15.262 | 37.660 | 92.543 |
| 計 | 66.910 | 96.976 | 62.056 | 119.601 | 345.543 |

## ■研究成果の発表状況

(1) 研究発表件数

| | 原著論文による発表 | 左記以外の誌上発表 | 口頭発表 | 合　計 |
|---|---|---|---|---|
| 国　内 | 11 件 | 52 件 | 29 件 | 92 件 |
| 国　際 | 0 件 | 43 件 | 5 件 | 48 件 |
| 合　計 | 11 件 | 95 件 | 34 件 | 140 件 |

(2) 特許等出願件数

10 件 （うち国内 10 件、国外該当なし）

(3) 受賞等

4 件 （うち国内 4 件、国外該当なし）

1. 新誠一：「計測自動制御学会 SI2002ベストセッション賞」,2002.12.20
2. 新誠一：「計測自動制御学会フェロー」,2003.8.5
3. 中西健一，高汐一紀，徳田英幸：「粒度の動的変更による位置匿名性についての考察」，情報処理学会マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム(DICOMO)，(2004) (優秀論文賞，優秀プレゼンテーション賞受賞)
4. 鮫嶋 茂稔：「PIM and PSM for Super Distributed Objects (SDO)」，OMG 標準化，2003
5. 矢野浩仁，川上賢一郎，本間弘一：「地域ネットワークコミュニティにおける口コミ情報の評価法に関する検証」，第 67 回情報処理学会全国大会「情報と人間社会」セッション，339-340，(2005)(大会優秀賞受賞)

(4) 主な原著論文による発表の内訳

国内誌(国内英文誌を含む)

本研究に関連して発表した論文

1. 南正輝, 森川博之, 青山友紀: 「ユビキタス環境におけるサービス合成支援のためのインタフェース指向ネームサービス」,電子情報通信学会論文誌, vol.J86-B, no.5, 777-789, (2003)
2. 神武直彦, 岩本健嗣, 鈴木源太, 青木俊, 高汐一紀, 徳田英幸: 「StateSnap:状態再現可能な情報機器操作のためのスナップショットインタフェース」, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 6, 379-388, (2004)
3. 鮫嶋茂稔, 河野克己, 新誠一:「環境適応サービスを狙いとした超分散オブジェクトモデルと自律プラグアンドプレイ方式」, 電気学会論文誌 C,124(1), 64-72,(2004)
4. 舩橋誠壽ほか:「2010 年ユビキタス情報社会における社会技術的な課題の抽出」, 電気学会電子情報システム部門誌, 掲載頁未定, (2005) 〈査読中〉
5. 矢野浩仁, 川上賢一郎, 本間弘一:「地域ネットワークコミュニティサービスにおける偽情報記事の対策法とその評価」, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.3, 765-771, (2005)
6. 福本恭, 佐藤嘉則, 本間弘一, 薦田憲久:「ラグランジュ緩和法による GMPLS ネットワークの最適パス設計法」, 電子情報通信学会論文誌(D-I), 掲載頁未定,(2005) 〈査読中〉
7. 佐藤嘉則, 福本恭, 加藤博光, 本間弘一, 佐々木敏郎:「空間的行動パターンに適合する情報フィルタリングシステム」,情報処理学会論文, 掲載頁未定, (2005) 〈査読中〉
8. Takeshi Iwamoto, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda: 「u-Snap: A Framework for Describing Snapshot-based Ubiquitous Applications」, IEICE Transactions on Communications, Special section on Ubiquitous Networks, (2005) 〈投稿中(査読通過/掲載決定)〉
9. 木戸邦彦 ,屋代聡: 「文工連携アプローチによるユビキタス情報社会のプライバシーに関する考察」, 情報処理学会論文誌, 掲載頁未定, (2005) 〈投稿予定〉
10. 関口隆昭, 加藤博光:「カメラ映像における閲覧者と被写体の関係に基づくプライバシ保護システムの提案と評価」, 情報処理学会論文誌, (2005) 〈投稿予定〉
11. 山本秀典, 鮫嶋茂稔, 加藤博光, 関口隆昭,:「環境適応サービスを狙いとしたミドルウェア相互接続の一方式」, 電気学会 C 部門論文誌(電子・情報・システム部門誌), (2005) 〈投稿予定〉

関連して発表した論文

該当なし

海外誌

本研究に関連して発表した論文

該当なし

関連して発表した論文

該当なし

1. ユビキタス情報社会で要請される社会的倫理と適合的なネットワークに関する研究

## 1.1. ユビキタス情報社会における制度･政策に関する研究

東京工科大学メディア学部
山口　治男

株式会社日立製作所システム開発研究所
木戸　邦彦

### ■要　約

本研究では、ユビキタス情報社会におけるプライバシー問題について、一般消費者や各方面の専門家へのインタビュー調査を通じて、特に法制度面における問題点の検討を行った。その結果、プライバシー概念の多義性、個人情報との混同、急速な技術進歩への迅速な法的対応の困難性といった要因から、個人情報保護法だけでは必ずしも十分な対処ができない可能性が高いことが明らかになった。そこで本研究では、個人情報保護法を基本法と位置づけるとともに技術分野や産業分野ごとの個別法やガイドライン整備の必要性を提案し、ユビキタス情報社会における代表的アプリケーションのガイドラインおよびその基本的なシステム仕様を提案する。

### ■目　的

ユビキタス情報社会では、利用者はRFIDタグや情報家電に代表される多数の情報デバイス群に取り囲まれ、これらを通じてセンシングされた様々な情報がネットワーク上を流通することになる。その結果、便利で快適な生活の実現、資源の最適配分などの効果が得られる反面、個人のプライバシーが脅かされる危険が増すことが予想されている。2005年4月より施行される個人情報保護法は、個人情報取扱事業者に安全管理義務等を課すことにより個人情報漏洩のリスクを減らすことで、これらのプライバシー問題に一定の効果を及ぼすものと期待されている。

しかし、個人情報保護法では対処できないプライバシー問題が、ユビキタス情報社会では多数発生するとも予想される。例えば、RFIDタグの自動読み取りは個人情報保護法においては間接取得にあたるとする解釈が有力だが、同法では間接取得時には事前に本人の同意は不要とされ事後通知でよいとされているが、書籍や衣類に取り付けられた RFID タグが読み取られ、商品データベースを参照されることにより、思想･信条や身体的特徴などのプライバシー性の高い情報を得ることが可能であり、そのような情報を事前同意なしに取得することは容易に問題を発生しうると予想される。

本研究では、利用者の視点を尊重する立場から、ユビキタス情報社会における適切な社会的倫理と法制度のあり方について、基本的な枠組みと要件の提案を目指す。

### ■研究方法

研究目的を達成するために、以下の研究方法で研究を実施した。

1. 一般消費者のユビキタス情報社会に対する期待および不安についてのインタビュー調査

情報通信技術のユビキタス化は、IT の生活領域への浸透を促進する。すなわち、書籍や衣類といった商品に電子タグが付着し在庫管理やマーケティングを目的としたネットワークと接続され、家電製品群は計算機を内蔵しネットワーク接続された情報家電としてコンテキストに応じたサービスを提供してくれる。生活領域における主役は一般消費者であり、また生活領域ならではの情報が取得され流通する。そのため、ユビキタス情報社会における情報システムの設計･運用には主役

たる一般消費者の意見に耳を傾け、取り入れていく必要がある。そこで 2002 年度には郵送アンケート方式による調査を、2003 年度にはグループインタビュー方式による調査を実施した。アンケート調査では、全国から無作為に抽出した 1800 人に対し情報通信メディア行動、個人情報及びプライバシー意識、ユビキタス情報社会への期待などの質問をした。グループインタビュー調査では、アンケート調査回答者の中から協力の承諾が得られた約 50 名に対し、ユビキタスアプリケーションの疑似体験を織り交ぜながら、個人情報やプライバシーに関するより掘り下げた質問をした。

2. 専門家インタビューに基づくユビキタス情報社会におけるプライバシー問題の法的課題の検討

一般消費者がユビキタス情報社会に寄せる期待や不安は現実化するのか、あるいは一般消費者が認識できていない問題としてどのようなことが考えられるかといった観点を明らかにするため、自治体職員、法学者、経済学者、セキュリティ技術研究者、電子タグ技術研究者といった各分野の専門家に、実際業務におけるセキュリティ対策、プライバシー権の考え方、個人情報保護法の特徴、プライバシー問題の経済学的側面、プライバシーとセキュリティのバランス、電子タグ技術動向などの質問をした。

3. ユビキタス情報社会におけるプライバシー・ガイドラインの提案

ユビキタス情報社会のプライバシー問題に法制度的側面から対処するため、一般消費者へのインタビュー結果、専門家へのインタビュー結果に基づき、ユビキタス情報社会において個人情報保護法では対応困難な問題領域を検討し、それらの問題領域へ対応するためのプライバシー・ガイドラインの検討を行った。

## ■研究成果

それぞれの研究項目について、以下の結果を得た。

1. 一般消費者のユビキタス情報社会に対する期待および不安についてのインタビュー調査

以下 2 種類の調査を実施した。

[調査1] 情報化社会に関する郵送アンケート調査

| | | |
|---|---|---|
| 目的 | : | ネットワーク情報社会の現状や意識・意向の把握 |
| 対象 | : | 16 歳～74 歳の男女 (高校生含む) |
| サンプル数 | : | 全国 9 地点から無作為に 1800 人を抽出(1 地点 200 人) |
| 調査地域 | : | 調査地域：都心・政令市、地方都市、地方部の区分から各 3 地点、計 9 地点 |
| 抽出方法 | : | 住民基本台帳により層化二段階無作為抽出法 |
| 調査方法 | : | 質問紙による郵送法(郵送配布－郵送回収) |
| 調査時期 | : | 2003 年 2 月～3 月 |
| 回収数 | : | 463 人 (回収率 25.7%) |
| 調査項目 | : | 情報通信メディア行動、個人情報やプライバシーの意識、メディア利用上の倫理観やマナー、インターネット上の法や倫理の整備、ユビキタス環境への期待 等 |

[調査 2] ユビキタス情報社会に関するグループインタビュー調査

| | | |
|---|---|---|
| 目的 | : | 調査 1 の追調査としてより踏み込んだ意見を聞く |
| 対象 | : | 調査 1 の回答者のうち数十名 |
| サンプル数 | : | 47 人 (都心・政令市：16 人、地方都市：15 人、地方部：16 人) |
| 調査方法 | : | 4～6 人によるグループインタビュー (2 時間) |
| 調査時期 | : | 2003 年 9 月～10 月 |
| 調査項目 | : | ユビキタス機器の体験、個人情報の意識、プライバシーとは何か、セキュリティとプライバシーのバランス、RFID 利用イメージ、自己責任か制度による保護か |

## 1.1. 情報化社会に関する郵送アンケート調査（調査 1）の結果

### 1.1.1. 個人情報保護とリスク回避の現状

まず個人情報保護について、他人に知られたくない情報として4人に3人が「電話番号」(75.0%)と回答している。これは、「知らない人や会社から電話があった」という経験をした人が回答者の 66.0%という結果からも裏づけられる。次いで、「財産」69.2%、「住所」66.9%、「年収」64.6%の順になっている。「電話番号」「住所」「氏名」など見知らぬ人でもその情報さえあれば個人に接触できるコンタクト情報と、「財産」「年収」などの経済的情報を、他人に知られたくない個人情報ととらえる傾向が高い。この結果から、個人情報の流出によりセールスや勧誘の電話がかかってくる煩わしさ、訪問販売員等が訪ねてくる煩わしさ、ダイレクトメールが届く煩わしさといった問題を懸念し、それらのイベントの発生が経済的情報に相関していると感じているという仮定も立てられる。また、インターネットや電子メールの利用の多さや、自ら情報を発信する人ほど迷惑に会う比率も高くなっている。インターネットや電子メールといったネットワークを利用してメリットを享受しながらも、その一方で迷惑行為やウイルスといったデメリットにも直面しているという現実がある。本調査回答者は、音楽・画像のダウンロードや航空券等のオンライン予約といった電子商取引を利用している人が比較的多かった。そこで、インターネットや携帯電話利用において、個人情報を登録することが必要な場合、「不用意に個人情報を送信しない」38.5%（インターネット・携帯電話利用者の比率では 51.7%）、「インターネットで極力個人情報を送らない」27.5%（同 36.9%）、「携帯電話のメール機能では極力個人情報を送らない」24.2%（同 32.5%）となっており、現状は個人情報の登録を必要最小限にとどめる自助努力により、情報流出リスクを回避していることがうかがえる。

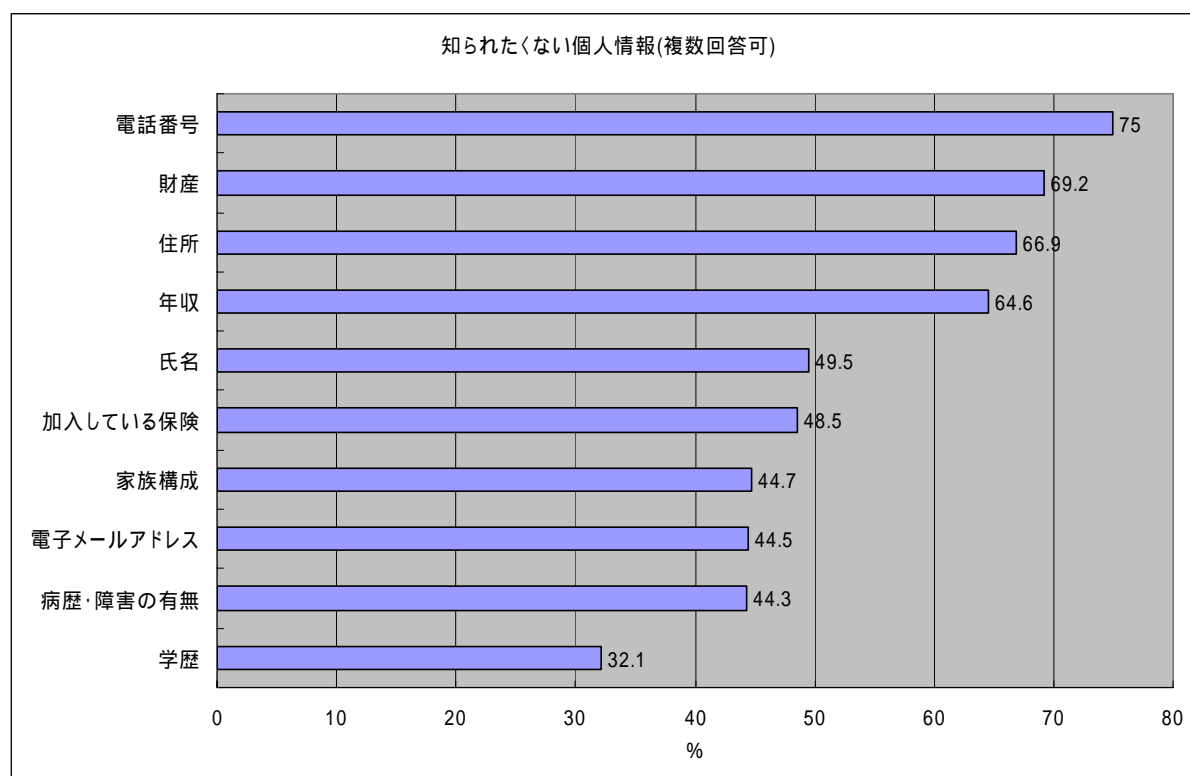



**図-1 知られたくない個人情報**

### 1.1.2. 法整備に対するニーズ

インターネット等の情報通信ネットワークを安心して使えるようにするには、セキュリティ技術の開発を推進すること、不正行為の取り締まりや個人情報保護などの法を整備すること、この両方が必要となってくる。本調査では、敢えてどちらの意見に近いか質問したところ、「技術の開発・整備を行うべきだ」は 37.5%、「法制度の整備を行うべきだ」は 58.2%となり、法整備への要望が大きく上回っている。今後、どのような法律を強化していくことが必要かについてたずねたところ、「個人情報等を保護するための法律」が 84.9%で圧倒的に多く、次いで「違法行為を取り締まるための法律」が 51.5%、「有害情報等を取り締まるための法律」が 30.5%となっている。法制度の整備に対するニーズは高い。

1.1.3. ユビキタス情報社会への期待

「ユビキタス情報社会」という言葉について、周知度は 24.0%とほぼ4人に1人が聞いたことがあると答えている。電話やコンピュータだけでなく、家具や道路など身近なものにもコンピュータが埋め込まれ、それらがネットワーク接続され情報をやりとりし、面倒な操作も必要なく、最適なかたちで制御できる環境がユビキタス情報社会であると仮定した場合、どのようなサービスの実現を期待するかについて質問した。結果は、「高齢者や障害者が道路を横断中のときは青信号の時間が長くなる」44.9%、「盗難車や逃走車が簡単に追跡できる」44.1%、「全世界の人と日本語で会話ができる」42.9%の3つに要望が集中している。さらに「商品に触れるだけで、産地や賞味期限などの詳しい情報を知ることができる」38.3%、「廃品の中から再利用可能な部品が簡単に見つけられる」29.0%の順になっている。この結果から、一般消費者は便利さだけでなく「安全」や「安心」といった価値に対する欲求も強いことが伺える。「安全」「安心」に対する欲求の強さを示す結果として、「常に情報を得たり、すぐにやり取りできたりするとよいと思う相手は」の質問に対し、「病院、福祉施設」(77.0%)、「警察や消防」(51.3%)が1位と2位といった結果も出ている。

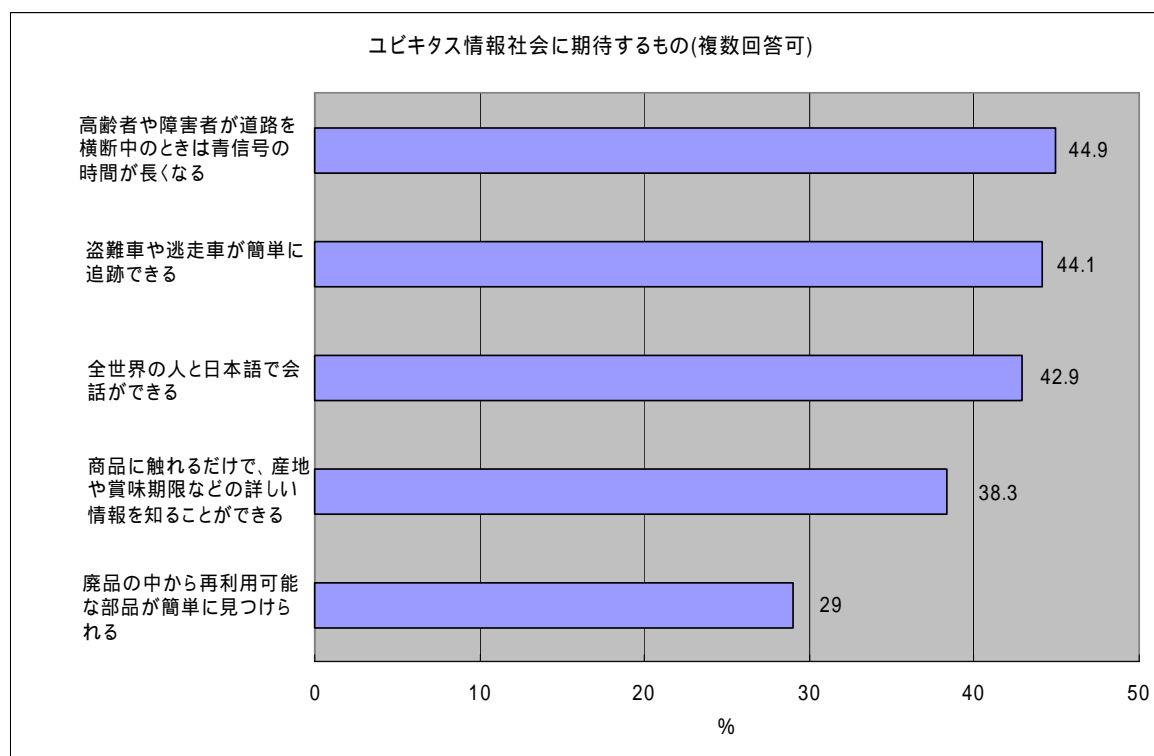



**図-2 ユビキタス情報社会に期待するもの**

1.2. ユビキタス情報社会に関するグループインタビュー調査(調査2)の結果

1.2.1. 個人情報意識およびプライバシー意識

グループインタビュー調査では、まず調査 1 において質問した「知られたくない個人情報」について質問をした。その結果、「電話番号」より「財産、年収」が上位にくる等多少の相違はあるものの、調査1とほぼ同様の結果が得られた。また、電話番号を知られることを嫌う理由についてインタビューした結果、「電話によるセールスで不快な思いをした」「自分の知らない会社から電話がかかってくることに対し、自分や家族の情報が本人の知らないところで流通していることへの懸念」といった意見が得られ、調査1での仮定が正しかったことが分かった。

次に、デジタルペンを用いたアンケート装置により個人情報意識についての質問を行った。同装置は、特殊なドットパターンが描かれた専用紙に専用ペンで文字等を記入すると、その軌跡データがペン内に蓄積され、専用紙上の特定位置にチェックマークをつけることで無線通信により軌跡データがパソコンに送信され、文字等が復元・表示されるというものである。質問は、氏名や職業といった比較的差し障りのない情報を記入してもらう簡単な内容とし、ペンの仕組みや文字等が簡単に電子データ化され復元されることは事前に説明しなかった。その結果、紙やペンといった身近な道具さえコンピュータ化

されネットワーク接続されるというユビキタス情報社会の特徴を体験してもらうことができ、仕事や教育現場で有用であるとのポジティブな意見が得られた反面、何気なく書いたことが盗まれる危険性や事前説明なしで筆跡を電子データ化されたことの嫌悪感などのネガティブな意見が得られた。

双方のインタビュー結果とも、事前説明、事前了解の不足ということに対し、一般消費者は強い嫌悪感を抱くことが示された。

### 1.2.2. メリットとデメリットのバランス

次に、情報通信技術がもたらすメリットとデメリットのトレードオフ問題について、一般消費者がどのように対応しているか、「クレジットカードの利用」「監視カメラ」を具体例として質問した。まずクレジットカードの利用については、店頭では利用するがネット決済では利用しないといった、利用時に想定されるリスクに応じて使い分ける自助努力を行っているという意見が多かった。また、有名店や大型店でのみ使用するという意見も多く、企業の信用度をリスクに組み込んで考えていることがわかった。次に監視カメラの設置については、空港や道路など公共空間への設置は問題がないとする意見が多く、理由として防犯上仕方がないとする意見が多かった。一方、カメラが設置されていることの明示、管理者（カメラ映像の閲覧者）のルール作り、管理者の公表や管理記録の公開が必要とする意見があげられ、ここでも事前説明、事前了解の必要性が指摘された。

### 1.2.3. ユビキタス情報社会

次に、被験者に5分程度のRFIDタグを利用した在庫管理等の情報サービスのイメージビデオを視聴してもらい、意見を聞いた。イメージビデオで使用された RFID タグは有価証券等に漉き込むことも可能な微小なものであり、記録できる情報は数十桁の ID 情報だけである。在庫管理、有価証券の真贋判定などのイメージ映像を視聴したのち、地球上のあらゆるものに一意のIDを振ることもできるID空間の広さや、IDと紐づいた情報を適正管理する必要性などについて考えてもらった。デジタルペンに対する意見と同様にビジネス面をはじめとする諸分野で有効活用できそうだとする意見がある反面、人間がモノのように管理されてしまう可能性や障害発生時の影響の大きさを危惧する意見が挙げられた。電脳住宅（情報家電ネットワーク）についても同様の危惧を抱く意見が多く、その一方、高齢者や身体的弱者の自律を助ける効果があるのでよいとする意見も多かった。

### 1.2.4. 自助努力と社会的保護

最後に、メリットも多いが種々のリスクが伴うユビキタス情報社会に、自助努力と社会的保護のどちらを強めるべきかという質問をした。自助努力で対処すべきとする意見は、情報通信技術に通じていると思われる被験者と、逆に情報通信技術に通じてはいないもののメリットを享受するためにはそうするしかないという考え方を持つ被験者から得られた。さらに、自助努力と社会的保護のどちらを選択した被験者も、自助努力が難しい子供や身体的弱者は法制度により保護するばかりでなく、地域社会をはじめとする人間関係によって保護すべきとする意見が多かった。

2. 専門家インタビューに基づくユビキタス情報社会におけるプライバシー問題の法的課題の検討

以下の専門家に対し、インタビュー調査を実施した。

| | |
|---|---|
| 自治体 | 小林 裕 三鷹市企画部次長 |
| | 後藤 省二 三鷹市企画部情報推進室長 |
| 情報法 | 堀部 政男 教授(中央大学) |
| | 鈴木 正朝 氏(ニフティ株式会社) |
| | 新保 史生 助教授(筑波大学) |
| | 林 紘一郎 教授(情報セキュリティ大学院大学) |
| | 湯淺 墾道 講師(九州国際大学) |
| 情報倫理 | 水谷 雅彦 助教授(京都大学) |
| 情報セキュリティ | 佐々木 良一 教授(東京電機大学) |
| RFID | 木下 真吾 氏(NTT 情報流通プラットフォーム研究所) |
| | 藤村 明子 氏(NTT 情報流通プラットフォーム研究所) |
| 情報経営 | 國領 二郎 教授(慶應義塾大学) |

2.1. プライバシー権について

プライバシー権の歴史は比較的浅い。「引用文献 1.」によれば、プライバシー権は、1890 年に、アメリカのウォーレンとブランダイスによって書かれた「プライバシーへの権利」という論文によってはじめて主張された。そこでは、プライバシー権は、「1人で放っておいてもらう権利(right to be let alone)」というように、消極的な権利として捉えられていた。

しかし、その後コンピュータの出現によって、このような消極的な権利ではプライバシーを十分に保護できないことが認識されるようになり、1960 年代になるとプライバシー権をより積極的に「自己に関する情報をコントロールする権利」と捉える見解が主張されるようになった。このような見解は、同じく「引用文献 1.」によればアラン・ウェスティンが 1967 年に、「プライバシーと自由」という著書において主張したものである。この見解によれば、プライバシー権は、自己に関する情報を単に他人に知られないという消極的な側面だけではなく、自己に関する情報を有している者に対して、開示・訂正・削除などを請求できるという積極的な側面を有し、より強い権利として捉えられることになる。現在では、このような「自己情報コントロール権説」は、アメリカだけではなく、日本やその他の諸外国においても強い影響力を持つようになっている。

専門家インタビューにおいても、基本的には自己情報コントロール権説を支持する見解が多かったが、これをどの程度支持するのかは専門家によって異なっているということが明らかとなった。例えば鈴木氏によると、自己情報コントロール権説の問題点は、物権法制における所有権の発想をそのまま個人情報に用いている点にある。所有権の対象となる有体物(民法 85 条)については、事実上の支配(占有)が可能であるが、情報には、形、実体がないため、排他的な支配が難しい。特に、インターネットが出現し、ネットワーク化が進行している昨今では、いったん自己の情報が漏洩すると、瞬時に広範にわたって拡散してしまい、自己情報のコントロールは、実際上難しくなる。

このような見解から、自己情報コントロール権説については基本的に支持されるとしても、情報の種類、主張する相手などに応じて、射程範囲やコントロールの強度などをきめ細かく検討していく必要があると考えられる。

我が国では、自己情報コントロール権は、もともと国家などの公権力に対する憲法上の権利として主張されはじめたという経緯がある。これに対して、対私人においても、この自己情報コントロール権を認めることは可能かという点については、専門家の間でも意見の相違がある。確かに、これまで国家は、プライバシー侵害に対する最大の脅威であったと言え、また国家は人権主体ではないのに対して私人は人権主体である。つまり、国家には知る権利や営業の自由は認められないのに対して、私人はこれらの権利を有している。そのため、私人間では、プライバシー権と知る権利・営業の自由の二つの権利の衝突をいかにして調整するのかということが問題になり、一方的にプライバシーのみを保護するというわけにはいかない。従って、私人間では、自己情報コントロール権のような強い権利は認められないという主張にもそれなりの根拠があると言える。もっとも、この点は、私人間における自己情報コントロール権を完全に否定するほどのこともなく、対公権力の場合

は強い自己情報コントロール権、対私人の場合は弱い自己情報コントロール権というように、相手に応じて強さの異なるコントロール権が付与されると捉えることも可能であると考えられる。

次に、プライバシーと個人情報の関係について触れる。プライバシーと個人情報は、従来は漫然と同じようなものとして捉えられてきたが、一般消費者もこの両者の区別に対する意識は、ほとんどないといってよい。また、堀部教授によれば、プライバシーという英語に対応する日本語が存在しないため、個人情報という言葉を考案したという経緯があるということであり、両者の区別はもともと難しいところがある。しかし、近時では、我が国においても個人情報保護法が制定されたところであり、「個人情報」が実定法上の概念として法律上規定されるようになったため、両者を厳密に区別する必要があるという見解が有力になってきている。鈴木氏や、新保助教授によれば、プライバシーと個人情報は重なる部分が多いものの、それぞれ独自部分が存在し、必ずしも重ならない部分があるということである。この、プライバシー概念と個人情報の不一致に起因する諸問題が、ユビキタス情報社会におけるプライバシー問題の難しさの一つになっている可能性がある。

2.2. 個人情報保護法について

これまで、プライバシー権については、民事法上の権利として救済が与えられてきた。つまり、他人のプライバシー権を侵害する行為については、民法 709 条によって損害賠償請求の対象とされてきた。ところが、プライバシー権が侵害された場合に事後的に救済が与えられるとすると、すでにプライバシー情報は広範囲に拡散してしまっており、もはや手遅れになってしまうという問題がある。そこで、個人に関する情報が不正に取得、漏洩されないようにすることで、プライバシーが侵害されることを未然に防ぐための制度が必要とされる。これが、個人情報保護制度である。

我が国では、これまでこのような個人情報の保護に関する包括的な法律が存在していなかった。しかし、住民基本台帳ネットワークの導入や、相次ぐ大量の個人情報漏洩事件などへの対応が必要であるという認識が強くなり、2003 年 5 月に個人情報保護関連 5 法が制定され、2005 年 4 月 1 日から全面施行されることになった。

個人情報保護関連 5 法とは以下のものを指す。すなわち、①「個人情報の保護に関する法律」(個人情報保護法)、②「行政機関の保有する個人情報の保護に関する法律」(行政機関個人情報保護法)、③「独立行政法人等の保有する個人情報の保護に関する法律」(独立行政法人等個人情報保護法)、④「情報公開・個人情報保護審査会設置法」(設置法)、⑤「行政機関の保有する個人情報の保護に関する法律等の施行に伴う関係法律の整備に関する法律」(整備法)である。

これらのうち特に注目されるのは、新たに民間部門を規制するものとして導入された①の個人情報保護法である。この法律は、基本法部分と民間部門に関する一般法部分とから構成される。すなわち、基本法部分では、基本理念、政府による個人情報の保護に関する施策の基本となる事項、国および地方公共団体の責務が定められている。これに対して、民間部門に関する一般法部分においては、個人情報取扱事業者の義務が定められている。

この法律の本体となるのは一般法部分であるが、ここでは、個人情報取扱事業者を「個人情報データベース等を事業の用に供している者」(2 条 3 項)と規定し、その取り扱う情報の種類によって、以下のような義務を負うものとしている。

① 利用目的を特定しなければならない(15 条)
② 特定された目的に必要な範囲を超えて取り扱ってはならない(16 条)
③ 偽りその他不正な手段によって個人情報を取得してはならない(17 条)
④ 利用目的を本人に通知し、または公表しなければならない(18 条)
⑤ 個人データを正確かつ最新の内容に保たなければならない(19 条)
⑥ 個人データの安全管理のために必要かつ適切な措置を講じなければならない(20 条)
⑦ 従業者、委託先に対する必要かつ適切な監督を行わなければならない(21 条～)
⑧ 本人の同意を得ないで、第三者に提供してはならない(23 条)
⑨ 保有個人データに関する事項を本人の知りうる状態に置かなければならない(24 条)
⑩ 本人から開示、訂正、削除などの求めがあった場合、応じなければならない(25 条～)

このように、我が国においても個人情報保護のための基本的な体制が整ってきていることは、望ましいことである。しかし、この個人情報保護法によっては、将来のユビキタス情報社会において生じるプライバシー問題に対して、十分に対応することはできないものと考えられる。その理由は、主として以下の3点にある。

①まず、この個人情報保護法は、あくまで個人情報の適正な取り扱いのルールを定めたものにすぎず、およそプライバシー全般を保護するものではない。前述したように、プライバシー概念と個人情報概念は異なるものであり、個人情報保護法は、このうち個人情報のみを保護するもので、プライバシー保護をもともと目的としてはいないと言える。

②次に、個人情報保護法の規制対象に関する問題がある。同法は、個人情報取扱事業者、すなわち「個人情報データベース等を事業の用に供している者」のみを規制の対象とし、施行令2条によれば、この個人情報データベース等は5000人以上の個人に関する情報を含んでいる必要がある。そのため小規模なネット販売を行う個人は規制の対象とならない。また将来のユビキタス情報社会においては、ネットワーク上に散在している情報を収集し特定の個人を識別することができる情報を瞬時に作り出す技術の登場が予想されるが、このような技術を持つツールは個人情報データベース等に含まれるか否か判断が難しい。

③さらに、個人情報保護法は RFID 等の新しい技術に対応できていない可能性が高い。もともと、個人情報保護法が起草され制定される過程においては、まだRFID等の新技術が社会に広まっていくということはほとんど認識されていなかったと考えられ、RFID等の新技術は念頭に置かれていなかったと考えられる。例えば、RFIDタグから第3者が情報を読み取ろうとする場合は、原則として間接取得になる可能性が高いが、間接取得の場合には利用目的を事後的に通知または公表すればよいとされている（個人情報保護法 18 条）。これでは、全く本人が気付かないうちに情報を読み取ることが認められてしまうことになる。このようなところにも、個人情報保護法の限界があるということになる。

2.3. RFID システムにおけるプライバシー問題について

ユビキタス情報社会では様々な新しい技術が登場するものと予想されるが、RFID は中心的な技術の一つと言える。ユビキタス情報社会では、あらゆるものにRFIDタグを埋め込むことも可能であると予想されており、主として物流管理、在庫管理などの企業における業務への活用が期待されているが、それ以外に、消費者向けの様々な用途も提案されている。例えば、食品にタグを付けておきそれを読み取ることによって、原産地や生産した人の詳細な情報を得ることができる、食品のパッケージに付けられたタグが電子レンジに適切な調理法を伝達する、飲み合わせを禁止された薬品を一度に飲もうとした際に、タグ同士が反応して警告を発するなどである。

しかし、この RFID タグについては、第三者が不正にタグ内の情報を読み取ることによってプライバシー問題が生じる可能性が指摘されている。例えば、ホテルや販売店のカウンターなどの個人が特定されうる場所において、あるユーザが所有している持ち物内にあるRFIDタグの情報を第三者が読み取る。これによって、特定の個人とRFIDタグ内のIDが結びつくことになる。このユーザの所有物に関するID情報が出回ることになれば、そのIDをRFIDリーダ・ライタで読み取ることによって、当該ユーザがいつ、どこにいたのか、という行動を追跡することが可能になる。また、バックの中にある書籍の RFID タグを不正に第三者に読み取られ、どのような書籍を所有しているかを知られてしまう恐れや、下着についているRFIDタグを読み取られ、下着の大きさや形状などを知られてしまう恐れなども指摘されている。つまり、RFID によって、行動を追跡される恐れや、所持物品から思想や身体的特徴を知られる恐れが生じ得る。

このようなRFIDのプライバシー問題に対する技術的解決方法については、様々な方法が研究され、提案されている。木下氏によれば、RFIDタグのプライバシー保護技術は大きく、KILLアプローチと KEEP ALIVEアプローチに分けられる。前者のKILLアプローチは、ハード的またはソフト的にタグの機能を殺してしまうというものである。これに対して、後者のKEEP ALIVEアプローチは、タグの機能を生かしたままプライバシー問題を解決しようとするものである。さらに、このKEEP ALIVEアプローチはNormal tag アプローチ、Smart tag アプローチに分けられる。Normal tagアプローチは、タグ自体には変更を加えないもの、Smart tagアプローチはタグ自体を高度化することによって問題を解決しようとするものである。両アプローチの特徴を、次表に示す。

表-1 RFIDタグのプライバシー問題に対する技術的アプローチの比較（「引用文献2.」およびインタビュー資料より）

| アプローチ | | 追加回路 | 方式 | 評価項目 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | タグコスト | システムコスト | 購入後利活用 | プライバシー保護 |
| KILLアプローチ | | 不要 | ハード的（フューズ切断）<br>ソフト的（ロジックによる制御） | ◎ | ○ | × | ◎ |
| KEEP ALIVEアプローチ | Normal tagアプローチ | 不要 | アルミ箔等による電波遮断、妨害電波、Blocker tag（RSA社） | ◎ | ◎ | ○ | × |
| | Smart tagアプローチ | R/Wメモリ | 可変秘匿ID方式（NTT）、<br>外部際暗号化（NTT） | ○ | △ | ○ | ○ |
| | | XOR等基本演算回路 | XOR based OTP（RSA社） | ○ | △ | ○ | ○ |
| | | Hash回路,共通鍵暗号 | Random Hash方式（MIT）、<br>Hash-Chain方式（NTT） | △ | × | ○ | ◎ |
| | | 公開鍵暗号 | ID内部再暗号化（NTT） | × | △ | ○ | ◎ |

様々な技術的解決方法が提案されているものの、いずれも、一長一短であり、完全なものは存在しないように思われる。このようにRFIDのプライバシー問題については、技術的に完全に解決することが困難なため、ガイドラインの制定や法の整備などが必要になってくるものと考えられる。

RFIDのプライバシー・ガイドラインについては、すでに国内外において様々なものが出されている。海外では、EPCグローバルから「消費者製品に関するEPCガイドライン」が出されており、CASPIANを中心とする消費者団体からは「消費者向け製品でのRFIDの使用についての意見書」が出されている。また国内では、総務省・経済産業省が協同で「電子タグ（ICタグ）に関するプライバシー保護ガイドライン」を出している。これらのガイドラインにおいて共通しているのは、消費者に対して、当該製品がRFIDタグを含むものであることを通知すること、消費者に対して、RFIDタグを無効化する権利を保障することなどである。例えば、EPCグローバルのガイドラインにおいては、次のように定められている。

1　消費者への通知
消費者は、製品またはパッケージ中にEPCが存在していることについて明確な通知を受ける。この通知は、製品またはパッケージ上に示されるEPCのロゴまたは識別符号によって提供される。

2　消費者の選択権
消費者は、その取得する製品からEPCタグを破棄し、それを使用不能にし、または、それを除去する選択権があることについての情報提供を受ける。ほとんど全ての製品の場合、EPCタグは使い捨てのパッケージの一部分となるか、または、破棄可能なものとなるだろうと予想される。EPCglobalは、この技術を支持する者の中においてもとりわけ、消費者がより効果的で信頼できる選択方法を得ることができるようにするために更に努力を重ねている。

このように様々なガイドラインが提案されているが、ガイドラインには強制力がないため法に比べ守られる可能性は低くなる。海外においては、RFIDを規制する法律を制定する動きがあるが、我が国の専門家の間では現時点で法規制により対処するのは時期尚早という意見が多い。RFIDは、まだ本格的に普及して社会に定着するというところまでいっていない。プライバシー問題が実際に深刻化する前に法律による規制をかけてしまうということは、行き過ぎであると考えられる。

### 2.4. プライバシー保護とセキュリティ強化のバランス

プライバシー保護の問題については、トレードオフの関係にあるセキュリティ確保とのバランスを考える必要がある。例えば防犯、安全の確保という観点からは、監視カメラをできるだけ多く設置する方が望ましいという考え方もあるが、多くの監視カメラが設置されればプライバシーが侵害されるリスクも増える。RFID タグについても、タグを認証目的等で利用しセキュリティに活用しようという動きがあるが、RFID タグがあらゆるものに埋め込まれるようになれば、それだけプライバシー侵害のリスクが増大することになる。RFID タグの場合、プライバシー保護を強化する高度な暗号回路等をタグ内に持たせることでプライバシー侵害のリスクを下げることが可能だが、タグが高機能化する分のコスト負担が問題となる。また保護法制を強化することでプライバシー侵害のリスクを下げることも可能だが、遵法コストや経済の萎縮といった問題も懸念される。従って、プライバシー保護、セキュリティ確保、社会コストという 3 者を、うまくバランスさせてゆくことが重要な課題となる。

これまで、プライバシー、セキュリティ、コストの3者のバランスについては、ほとんど専門家の間でのみ議論されてきたといってよい。しかしながら、ユビキタス技術によりもたらされるセキュリティ確保の恩恵を受けるのも、プライバシー保護を望むのも、社会コストを負担するのも、専門家ばかりでなく一般消費者でもあり、広範な関与者が議論に参加できることが望まれる。この点で、注目されるのが佐々木教授の提唱されている「多重リスクコミュニケータ」である。これは、プライバシー、セキュリティ、コストのバランスについて専門家間で議論した内容を多重リスクコミュニケータと呼ばれるシミュレータを用いることによって、一般消費者に分かりやすく提示し、一般消費者の意見を採り入れて、バランスをはかろうとするものである。

## 3. ユビキタス情報社会におけるプライバシー・ガイドラインおよびガイドラインに基づくシステム基本仕様の提案

以上 2 つの調査結果から、ユビキタス情報社会におけるプライバシー問題に対して、一般消費者は自助努力を必須としつつも法制度面の支援を必要としていることが明らかになった。また、プライバシー問題に対する法制度面の支援の一つとして個人情報保護法が考えられるが、計算機の遍在化・不可視化といったユビキタス技術の特性に起因する様々な困難性から同法のみでの対応では不十分であることが明らかになった。ここで、2004 年 4 月 2 日に閣議決定され内閣府より発表された「個人情報の保護に関する基本方針」(以下、「基本方針」)によると、個人情報保護法は各分野に共通する必要最小限のものであり、それぞれの事業等の分野に応じたガイドライン等の策定・見直しを早急に検討すべきとされている。また、個人情報保護法第 6 条は以下のように定められ、個別の分野ごとに厳格な取り扱いが必要とされる個人情報を扱う場合は、格別の措置が講じられるよう必要な法制上の措置を講ずる(個別法を制定する等)必要性を述べている。

> 第6条　政府は、個人情報の性質及び利用方法にかんがみ、個人の権利利益の一層の保護を図るため特にその適正な取扱いの厳格な実施を確保する必要がある個人情報について、保護のための格別の措置が講じられるよう必要な法制上の措置その他の措置を講ずるものとする。

「基本方針」では、格別の措置が求められる分野として、医療、金融・信用、情報通信の 3 分野が挙げられている。従って、少なくとも前記 3 分野については個別法やガイドラインの整備をなるべく早期に進める必要がある。さらに、先に示したように生活領域においても RFID タグから行動を追跡される可能性や所持品から思想や身体的特徴を知られる可能性があり、格別の措置が求められる分野は比較的広いと考えられる。

格別の措置として個別法、あるいはガイドラインを考えた場合、いくつかの理由から特に現時点ではガイドラインの整備を進めることが有効である。まず、法による規制はどうしても技術の進歩に即応することが困難であることが挙げられる。ユビキタス技術は現在精力的な研究開発がなされている技術であり、現時点で分野ごとの個別法を策定しても技術進歩に耐えうる法を作ることは難しいと考えられ、より柔軟に対応可能なガイドラインレベルから着手すべきであると考える。また、例えば医療分野における疾病情報や遺伝子情報などをはじめとするセンシティビティの非常に高い情報を扱う分野では早期の法規制が望まれると考えるが、RFIDタグを利用したマーケティングなどの分野ではタグの読み取りに関する規制は望まれるものの、法による規制ほどの強さが求められない可能性が高い。そこで以下では、個人情報保護法を遵守することを大前提としつつ、ユビキタス技術の特性により同法では対処困難な部分をカバーするためのプライバシー・ガイドラインを検討する。

ユビキタス技術の適用範囲は多岐にわたるが、その技術的制約（例えば RFID タグでは個人の情報取得時に同意確認が困難であること等）は様々な適用範囲で問題となり得る。そこでまず、RFID やセンサネットワークといった各ユビキタス技術についてのプライバシー・ガイドラインを検討する。検討に際し参考となるのが、OECD から 1980 年に勧告された「プライバシー保護と個人データの国際流通についてのガイドラインに関する理事会勧告」である。このガイドラインは国際的に強い影響力を持つものであり、個人情報保護法も同ガイドラインを参考としている。

**表-2 OECD プライバシー・ガイドライン**

| 原則 | 内容 |
|---|---|
| 原則1<br>収集制限の原則 | 個人データの収集には制限を設けなければならず、データの収集は、適法かつ公正な手段によって、かつ適当な場合には、データ主体に通知または同意を得て行わなければならない。 |
| 原則 2<br>データ内容の原則 | 個人データは、その利用目的に沿ったものでなければならず、かつ利用目的に必要な範囲内で正確、完全であり、最新の状態に保たなければならない。 |
| 原則 3<br>目的明確化の原則 | 収集目的は収集時より遅くない時期において明確化されなければならず、その後における利用は当初の収集目的と矛盾することなく、かつ明確化されたものに制限すべきである。 |
| 原則 4<br>利用制限の原則 | 個人データは、目的明確化の原則に従って明確化された目的以外の目的のために、開示され、利用可能な状態に置かれ、またはその他の形での使用に供されてはならない。但し、(a) 本人の同意がある場合または (b) 法律によって認められる場合はこの限りでない。 |
| 原則 5<br>安全保護の原則 | 個人データは、紛失または無権限アクセス、破壊、使用、修正もしくは開示その他のリスクに対し、合理的な安全保護措置により保護されなければならない。 |
| 原則 6<br>公開の原則 | 個人データに係る開発、実施、方針は一般に公開しなければならない。また個人データの存在、種類およびその主要な利用目的とともにデータ管理者のアイデンティティおよび住所を明らかにするための手段が容易に利用できなければならない。 |
| 原則 7<br>個人参加の原則 | 個人は以下の権利を有する。(a) データ管理者が本人に関するデータを保有しているか否かについて、データの管理者からまたはその他の方法により確認を得ること。(b) 本人に関するデータについて、(i) 合理的期間内に、(ii) 仮に必要とする場合でも過度にならない手数料で、(iii) 合理的な方法により、かつ、(iv) 本人が容易に理解できる様式で、本人が通報を受けること。(c) 上記 (a) および (b) の権利に基づく要求が拒否されたときは、その理由がしめされることおよびそのような拒否に対して異議申立ができること。(d) 本人に関するデータに対して異議を申立てること、および、その異議が認められた場合には、そのデータを削除、訂正、完全化または補正すること。 |
| 原則 8<br>責任の原則 | データ管理者は上記諸原則を実施するための措置に従う責任を有する。 |

ユビキタス社会で広範囲に普及されるものと想定される技術、システムとしては様々なものが考えられるが、ここではプライバシー問題を生じさせる恐れが高いものの一例として、センサネットワークを取り上げることにする。センサネットワーク技術を利用したアプリケーション・サービスを OECD プライバシー・ガイドラインに沿って 8 原則の側面から検討すると、以下に示すガイドラインが考えられる。

**表-3 センサネットワークのプライバシー・ガイドライン**

| 将来のユビキタス社会では、センサー・信号処理回路・無線通信回路が一体化されたセンサノードが管理システムなどとともにネットワークを形成するセンサネットワークが至る所に構築されるといわれている。これによって、ユーザがいつ、どこで、何をしているのかが感知され、そのユーザに最適なサービスを提供することができることになる。しかし、それによってプライバシー問題が生じることになる。センサネットワークについては、以下のようなガイドラインが考えられる。 | |
|---|---|
| 収集制限 | (a) 家庭など私的な場所に設置される場合、個人データは本人の同意を得て取得しなければならない。<br>(b) 公共の場所に設置される場合、センサネットワークの存在を通知または公表しなければならない。 |
| データ内容 | センサネットワークから取得したデータは、そのまま保存しなければならない。 |
| 目的明確化 | センサネットワークによって、個人データを収集する目的を収集時までに明確化しなければならない。 |
| 利用制限 | センサネットワークから取得したデータを明確化された目的以外に使用してはならない。 |
| 安全保護 | 取得したデータについて、不正アクセス、漏洩などの防止のために、アクセスコントロール、ファイアウォール、暗号化などのセキュリティ対策が講じられなければならない。 |
| 公開 | 個人データの取り扱いに関するプライバシー・ポリシーを開示しなければならない。また、設置者の氏名、連絡先を表示しなければならない。 |
| 個人参加 | 本人からのデータの開示、削除などの要求に応じるように配慮しなければならない。 |
| 責任の原則 | データ管理者は上記諸原則を実施するための措置に従う責任を有する。 |

ここで、収集制限における事前同意または通知、個人参加におけるアクセシビリティの確保の実現方法が課題となる。センサネットワーク技術に限らず、ユビキタス技術の大きな特徴の一つである不可視化は、コンピュータの存在をユーザに意識させないことで便利なサービスを実現しようとする方向に利用されることが多い。これは、個人の情報を事前に同意を得た上で取得する、あるいはセンサーの存在を通知・公表しなければならないとする収集制限と矛盾する可能性がある。そこで、携帯電話や PDA など常時携行性の高い端末を利用した次のようなシステムが考えられる。

図-3 プライバシーと個人データ流通を考慮したユビキタス・システム

① ユーザは、通常、携帯電話(もしくは PDA)を所持している場合が多い。そこで、センサノードから無線通信を用いて、データ取得の目的、データを取得する責任者の氏名・連絡先、プライバシー・ポリシーなどの情報をユーザの携帯電話に伝達する。
② ユーザは、これらの情報を見た上で、データを取得しようとする者が、個人情報を厳格に管理しているか、信頼の置ける者であるかを判断し、自己の情報の取得を認めるか否かを判断する。実際には、プライバシー・ポリシーを頻繁に確認することは困難であるため、プライバシー・マーク等を見て判断することになるであろう。
③ ユーザが、後に自己の情報の開示・訂正・削除を求めたいと考えた場合には、責任者の氏名・連絡先の情報を得ているので、開示・訂正・削除を要求していくことができることになる。

このように、ユーザに対して、データを取得する者に関する情報を十分に提供し、ユーザが自己の情報を相手に提供してよいかどうかを自由に選択可能とすることが、プライバシー保護の観点からは望ましいと言える。これは、センサネットワークに限らず他のユビキタス技術においても同様のことが言える。ただし、いたるところに設置されたセンサノードから情報が取得されようとするたびに携帯電話に通知がなされた場合、ユーザにとって処理が煩雑となり不可視化の効果が薄れ、通知機能・同意機能が使われなくなる可能性もある。この点については、例えば、①信頼できる事業者など相手の信頼度に応じてあらかじめ情報の取得を許可する設定にしておく、②P3P や PPNP 等の技術を用いてユーザ本人のポリシーと相手方のポリシーを機械的に照合し自動的にデータの取得の諾否を判断するシステムを構築する、といった対応が考えられ、またプライバシー保護の要望が相対的に低い場合や携帯端末の利用が困難な場合には③携帯端末等を使用せず事前契約により包括的に同意を得ておく、といった対応も考えられる。

そのような観点から、アプリケーション・サービスにおいて求められるプライバシー保護レベルや、ユーザにどの程度の負担を許容してもらえるかといった観点に応じて、上記仕様をどの程度まで満たす情報システムを構築するかを変えていくことが重要と考えられる。ユビキタス技術の 2 つの大きな特徴である遍在化、不可視化は、ユーザと情報システムの接合面に対して最も影響を与えることが予想されるため、OECD プライバシー・ガイドラインにおいてユーザと情報システムとの接合面に関係する「収集制限」「目的明確化」「公開」「個人参加」について、3 段階のプライバシー保護レベルに応じて情報システムに求められる仕様の一例をまとめた。

**表-4 プライバシー保護レベルに応じたセンサネットワークの 3 つの基本仕様**

| 保護レベル | 収集制限 | 目的明確化 | 公開 | 個人参加 |
|---|---|---|---|---|
| 強い | 携帯端末等を通じて同意確認をし、同意が得られた場合にしか情報を取得しない | 携帯端末で取得目的のチェックができ、望ましくない目的の場合には取得を拒絶できる | プライバシー・ポリシーや連絡先が携帯端末等に表示され、連絡を携帯端末等から行える | 自分の情報を検索・修正・削除でき、また修正や削除要求に対応する窓口がある |
| 普通 | 携帯端末等で通知の受信や取得ログの保持ができる | 携帯端末に取得目的がログとして記録される | プライバシー・ポリシーや連絡先が携帯端末等に表示される | 自分の情報を検索・修正・削除できるか、または修正や削除要求に対応する窓口がある |
| 弱い | 携帯端末等を必要としない方法で取得の事実を通知する | 携帯端末等を必要としない方法で目的を通知する | 携帯端末等を必要としない方法でプライバシー・ポリシーや連絡先を公開する | 自分の情報の修正や削除要求に対応する窓口がある |

センサネットワーク技術を利用したアプリケーション・サービスを設計する際、そのアプリケーション・サービスが取り扱う個人の情報のセンシティビティレベルや、ユーザが負担可能なコスト等に応じて、上記の基本仕様に基づき保護レベルを決定し、情報システムの仕様を決定してゆくことができる。例えば、消費者が購入した商品の情報を読み取ることで、消費者

の趣向を予測しお勧め情報を提供する CRM システムにセンサネットワーク技術を適用した場合には、複数の店舗で商品の情報が読み取られる可能性のある場合には強い保護レベルを採用することが好ましく、特定の店舗しか商品の情報を読み取れない場合にはその旨を事前に説明した上で弱い保護レベルを採用することもできる。CRM システムで強い保護レベルを採用する場合には、消費者に携帯端末等を貸与したり、あるいは消費者の持つ携帯電話上で動作するエージェントプログラムを配布したりといった対応が必要になり、現実問題としてある程度以上の規模を有するデパートなどの商業店舗や、カーナビゲーションシステムを利用できる自動車サービスなどに限定されるだろう。また、児童を誘拐等から守るためにランドセルにセンサノードを取り付け通学路上で児童の現在位置をトレースする児童見守りシステムでは、位置情報をトレースされることによる児童のプライバシー保護と児童の安全のどちらをより優先させるかを保護者が考慮した上で、プライバシー保護を優先する場合は強い保護レベルを、安全を優先する場合は弱い保護レベルを選択することができる。弱い保護レベルが選択される場合には、収集制限としてランドセルにセンサノードが取り付けられている事実の公表や、位置情報を取得しているエリアの公表が必要とされると考えられる。

## ■考　察

本研究テーマでは、ユビキタス情報社会におけるプライバシー問題を、一般消費者へのインタビュー調査、各種専門家へのインタビュー調査を通じて法制度的側面から検討してきた。その結果、プライバシー概念の多義性や自己情報コントロール権実現の技術的困難性、個人情報保護法のユビキタス技術への対応困難性などが明らかとなった。現行制度での対応困難性に対し、個人情報保護法では事業分野ごとの個別法やガイドライン整備を求めているが、それに加えユビキタス技術ごとのガイドライン整備も考えられ、一例としてセンサネットワークシステムのガイドラインを提案した。

ユビキタス技術は IT の生活領域への浸透を促進し、技術の使われ方が人々の生活コンテキストと密接に関わるようになるため、ユビキタス情報社会ではプライバシー領域の問題が増えると予想される。生活領域における人々の考え方や嗜好は多様であり、法による規制には困難性が伴うと考えられる。また、法の特性上、技術の進歩に即時に対応してゆくことは難しく、従来は技術が発展し社会的問題が発生してから法制度の検討をするというのが常であった。さらに法律の制定自体に時間がかかるため、法の制定が 10 年、20 年遅れるということもあり、法律ができたときには既に時代遅れのものになっていることも少なくなかった。このような問題に対応するためには、主に法律家は以下のアプローチをとることが有効と考える。すなわち、①将来、科学技術がどのような方向に発展していくのかを予測すること、②そのような科学技術の発展によって、社会がどのように変化し、どのような法的問題や倫理的問題が生じるのかを予測すること、③そのような諸問題に対応するためには、どのような法や制度が必要になるのかを早期の段階から検討すること、④それらの法や制度が社会に受け入れられステークホルダーの利害や社会コストのバランスが取れるよう調整すること、である。これらを実現するためには、法律家も科学技術の最先端の動向に精通する必要があり、そのためには技術者と法律家が協同し、お互いに議論し合うことが重要であると考える。また、専門家ばかりでなく事業者や一般消費者を巻き込んだ形で相互了解を得るための社会基盤整備が重要であると考える。

## ■引用文献

1. 堀部政男(監修),鈴木正朝(著):「個人情報保護法とコンプライアンス・プログラム」,商事法務, (2004)
2. 木下真吾:「木下真吾の RFID プライバシー論(後編)」,NIKKEI BYTE,10 月号, (2004)

## ■成果の発表

### 原著論文による発表

国内誌(国内英文誌を含む)

1. 木戸　邦彦　,屋代　聡:「文工連携アプローチによるユビキタス情報社会のプライバシーに関する考察」,情報処理学会論文誌, 掲載頁未定, (2005) <投稿予定>

国外誌

該当なし

## 原著論文以外による発表（レビュー等）

国内誌（国内英文誌を含む）

1. 古谷　雅年, 山口　淳：「公職選挙の投票制度の電子化における論点」, 電気学会情報システム研究会資料, 「e-Democracy & Community」, 1－6, (2003)
2. 小森谷　久美 , 藤井　健司, 木戸　邦彦 ,屋代　聡：「市民の目線からみたユビキタス情報社会とプライバシー」, 日本社会情報学会第 19 回全国大会研究発表論文集, 33-36, (2004)
3. Yasujiro Murakami：「Legal Problems for the Ubiquitous Information Society」, Proceedings of SICE Annual Conference 2003 (SICE2003), 924-927, (2003)
4. Yasujiro Murakami：「Legal Issues for Realizing Ubiquitous Information Society」, Proceedings of SICE Annual Conference 2004 (SICE2004), 1751-1755, （2004）
5. Yasujiro Murakami: 「Legal and Ethical Concept of the Yaoyorozu Project」, Proceedings of SICE Annual Conference 2005(SICE2005), 掲載頁未定, (2005) <発表予定>

国外誌

1. Yasujiro Murakami：「Privacy Issues in the Ubiquitous Information Society and Law in Japan」, Proceedings of 2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC2004), 5645-5650, （2004）

## 口頭発表

招待講演

該当なし

応募･主催講演等

1. 村上康二郎: 「『ユビキタス情報社会で要請される社会的倫理と適合的なネットワークに関する研究』進捗報告」, 東京, やおよろずフォーラム 2004, 2004.2.20
2. 村上康二郎：「『ユビキタス情報社会で要請される社会的倫理と適合的なネットワークに関する研究』進捗報告」, 東京, やおよろずフォーラム 2005, 2005.1.20

## 特許等出願等

1. 2005.3.17: 「電子タグの読み取りを防止する携帯端末」, 屋代　聡, 木戸　邦彦, 株式会社日立製作所, 特願 2005-077565

## 受賞等

該当なし

2. ユビキタス情報化社会のライフスタイルデザインに関する研究

## 2.1. ユビキタス情報社会に対するユーザ工学的研究

独立行政法人メディア教育開発センター研究開発部
黒須　正明

### ■要　約

本研究では、ユビキタス情報社会におけるライフスタイルデザインをLDグループとして検討するにあたり、ユーザ工学に関連した規格であるISO13407に提唱されている人間中心設計の枠組みを適用し、同グループの研究活動を行った。この枠組みにしたがって、利用状況の調査、要求事項の整理、試作、そして実証評価を行い、ここメモというシステムの提案につなげることができた。

さらに、利用状況の調査から要求事項の整理を行うコアプロセスを効率化するために、マイクロシナリオ手法を開発し、自治体関係者や生活者に対するインタビュー調査に適用し、手法としての実証評価を行った。これにより、手法としての適切さを確認した。

最終的に、こうした人間中心設計的な活動を集約する形で、ユーザ工学的アプローチにもとづくシステム開発に関する要点をガイドラインとしてまとめた。

### ■目　的

本研究では、自治体と市民の関係をユビキタス技術を用いて最適化していくというLDグループの目標に対し、ユーザ学の立場から、まず関係者のインタビュー調査を実施し、そこから要件を抽出し、試作とその評価を行う。これは ISO13407 という規格に規定されている人間中心設計のアプローチを適用することに相当し、その枠組みの適切さを実証的に評価確認することになる。また、特に人間中心設計で重要とされる設計の上流工程での方法論の開発と、そうしたアプローチを適用した結果にもとづいてガイドライン策定を行う。

いいかえれば、ユーザ工学(user engineering)では、システムの開発にあたって、第一段階として、利用者の利用状況(context of use)を的確に把握することが必要である。そのためにフィールドワークの手法、すなわちインタビューや観察という手法を利用して、自治体関係者と市民の双方について実態を把握し、そこからシステムの要求条件(requirement)を明確化する。これにもとづいてシステムの目標仕様を決定する。

平成 14 年度はサブテーマ担当者全体の活動として、自治体における情報システム担当者に対するヒアリングを重点的に行った。平成15年度は浜松市での市民ヒアリングを実施した。平成16年度はこれまでの本サブテーマの成果や科学技術動向予測などをもとに、ユビキタス情報社会における市民の情報受発信のあり方をユーザ工学の立場からシナリオ化し、目標仕様とすることを目指した。さらに、こうしたアプローチを有効に効率的に実施するためのツールとしての開発研究を行った。

### ■研究方法

本研究では、

1. ユーザ工学に関する規格ISO13407の提唱している人間中心設計の枠組みを参照し、本プロジェクトにおけるアプローチを設定する。
2. 特に、利用状況の適切な把握を行うため、焦点課題として設定された「市民と自治体のコミュニケーション」という課題に関して、インタビュー調査を実施する。
3. 利用状況の調査から要求事項の整理を行うコアプロセスの効率化のための手法を新規開発する。

4. その手法を適用することにより、焦点課題に関する解決案を案出する。

5. さらに実証評価実験によって、その妥当性を検証する。

6. 最後に、今回の経験にもとづいて、ユーザ工学的アプローチにもとづいたシステム開発に関するガイドラインを策定する。

という手順で研究を行った。以下に、各々についての説明を行う。

1. 人間中心設計の枠組みにもとづくアプローチの設定

機器やシステムの開発にあたっては、従来からシーズ指向(seeds-oriented)、ニーズ指向(needs-oriented)というアプローチが区別されていた。シーズ指向とは、設計開発にあたって技術の種(シーズ)を中心にして考える姿勢で、新しい要素技術が開発されると、それを利用して何か有用な機器やシステムが開発できないかを考えるものである。他方、ニーズ指向とは、設計開発にあたって、まずユーザや市場の要求(ニーズ)を確認し、それに適合した製品やシステムを開発することで、目標が定まった後、その開発に必要な要素技術を集めてくるというものである。しかし、シーズ指向の場合、往々にしてその機器やシステムは市場の要求に合致せず、せっかくの開発が無駄になってしまうことがある。こうしたシーズ指向への反省から、また無駄なものを作らずに開発効率をあげるという目的のために、ニーズ指向の重要性は以前から、特に経営層によって提唱されてきた。

こうした状況の中で、人間に関する研究をしてきた人間工学や認知工学の中から、特に IT(Information Technology)を対象とした取り組みが生まれてきた。イギリスでは、1980 年代に情報技術に対する人間工学(ITE: Information Technology Ergonomics)という領域が生まれてきた。これは Shackel(1985)が提唱したもので、製品開発に際してユーザ、作業活動、機器、環境(社会的・物理的)という四つの要素を人間工学の知識を応用して行おうとするものである。この ITE の考え方の中から人間の特性を中心にして機器やシステムの開発を行おうというアプローチが生まれ、人間中心設計(HCD: Human-Centred Design)と呼ばれるようになった。

人間中心設計の考え方を具体的に規定したものとして ISO13407 が 1999 年に制定された。この規格は、ユーザビリティを「ある製品が、指定された利用者によって、指定された利用の状況下で、指定された目標を達成するために用いられる際の有効さ、効率及び満足度の度合い」として定義する ISO9241-11 の考え方を実現するためのプロセス規格として制定された。なお、有効さ(effectiveness)については「ユーザが、指定された目標を達成する上での正確さと完全さ」、効率(efficiency)については「ユーザが、目標を達成する際に正確さと完全さに費やした資源」、満足度(satisfaction)については「不快さのないこと、及び製品使用に対しての肯定的な態度」という定義が与えられている。この ISO13407 という規格により、人間中心設計の基本概念であるユーザビリティを ISO9241-11 で定義された意味合いで達成するために、どのようにすればよいかが明らかとなった。

ISO13407 は「インタラクティブシステムの人間中心設計」(Human-centred Design Processes for Interactive Systems)というタイトルである。この規格は設計プロセスに関わるものであるため、個々の製品やシステムのユーザビリティをどうするか、どのように評価するか、ということを規定したものではない。設計プロセスがこの規格に規定されたような形で進展すれば、結果的にそのプロセスから生み出される機器やシステムは人間中心的なものになり、高いユーザビリティを持つようになるだろうという考え方にもとづいたものである。

この規格では、人間中心設計プロセスとして四つのプロセスを設定している(図 1)。なお、その前後にある二つのプロセスは起動と終了であり、実質的にはあまり意味はない。

1.1. 利用状況の理解と明確化

この最初のプロセスは利用状況(context of use)に係わるものであり、利用状況とは以下のように定義される。

a) 対象とするユーザの特徴

b) ユーザが行う仕事

c) ユーザがシステムを利用する環境

1.2. ユーザや組織の要求事項の明確化

このプロセスでは、以下のような諸点について考慮する必要があるとされている。

a) 運用面、及び財政的な目的に対する新しいシステムの能力への要求。

b) 安全性や健康面を含んだ、適切な法令、あるいは立法上の要求条件。

c) ユーザとその他の関係者との間の協調関係、及びコミュニケーション。

d) ユーザの作業(ユーザの安心感や動機づけ、仕事の割り振りなどを含む)

e) 仕事の生産性

f) 業務の設計と組織

g) 関与する人員と教育訓練、およびその変更に関するマネジメント

h) 運用及び保守管理の実行

i) ヒューマンコンピュータインタフェースと作業環境の設計

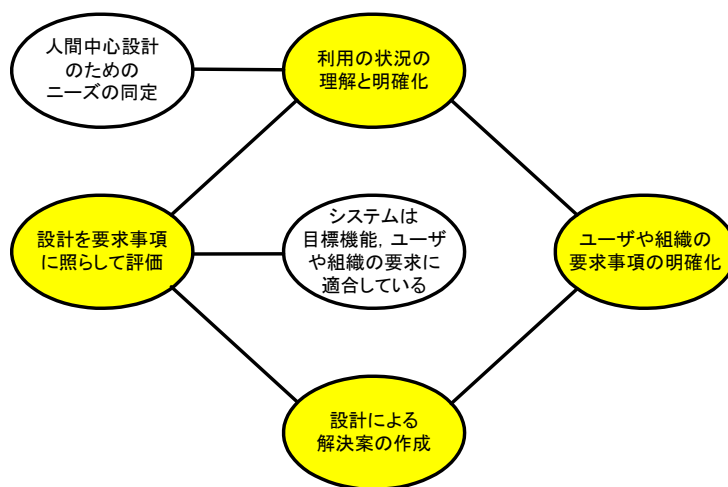



図-1　ISO13407 で規定された人間中心設計の設計プロセス

1.3. 設計による解決案の作成

明確化された要求に対して、その解決案を作成するのがこのプロセスである。ISO13407 によると、ここでは、次のような活動を行う。

a) 既存の知識を用いて提案された学際的な設計成果物の開発。

b) シミュレーション、模型、モックアップなどを利用した設計成果物の具体化。

c) ユーザに設計成果物を提示し、作業や作業のシミュレーションをさせる。

d) 人間中心設計の目標が達成されるまで、この過程を繰り返す。

e) 設計成果物作成の繰り返しプロセスの管理を行う。

1.4. 設計を要求事項に照らして評価

設計における解決案の作成においても、反復設計という形で局所的な評価活動は行われたが、最後のプロセスでは、全体をまとめて評価することになる。この評価は、

a) 設計の改善に利用するフィードバックを取得する。

b) ユーザや組織の目標についての達成度を評価する。

c) 製品やシステムの長期的な使用をモニターする。

といった目的を実現するために行うものである。

### 1.5. 本研究におけるアプローチ

本研究において、我々のグループ(LD:ライフスタイルデザイングループ)では、市民と自治体との関係を研究の焦点課題とし、そこに人間中心設計のアプローチを適用することにした。ユビキタス情報社会については、有線・無線のネットワークを利用した広域的なユビキタス技術の展開と、センサを利用した狭域的なユビキタス技術の展開とが考えられているが、LDグループではこのうち前者に焦点をあてることにした。もちろん、この二つの方向はいずれ統合されると予想されるが、当面はそれぞれの場面に適合した形で進化していくと考えられ、どちらかに焦点化する必要があると考えられた。

こうしたネットワークは、現在、インターネットの普及をベースにして、在来のネットワークである電話通信や放送などのメディアとの融合が進められており、ユビキタス情報社会の大きな基盤が構築されつつある。この中で、市民と自治体とのコミュニケーションがどのように活性化されうるのか、またそのためにテクノロジーはどのような方向に発展すべきなのかを探ることには大きな意義があると考えたものである。

従来、市民と自治体との間には、あまり密なコミュニケーションパスが存在してこなかった。自治体側からは広報紙が配布され、また市民からは電話での連絡や窓口の訪問などが行われていたが、かならずしも有効な形でのコミュニケーションではなく、またその密度も低かったため、本来、市民のために行われるべき自治体行政がほんとうに市民のためになっているのかどうかも不確かな状況であった。その意味で、自治体行政におけるユーザである市民の声を確認し、その要求事項を整理していくことは、自治体行政に関する人間中心設計と考えられた。近年、インターネットの発達によって自治体側がWEBによる情報提供を行うようになり、またそこに設置されたBBS(電子掲示板)を利用して市民の声を吸い上げる試みも積極的になされるようになってきた。このような状況の中で、その実態を的確に把握し、ユビキタス技術をどのように利用すればさらに効果的なコミュニケーションが可能になり、ひいては自治体行政をよりいっそう有意義なものにできるかを考えることを研究目標として設定した。

その目標を達成するためにISO13407の提唱している人間中心設計を導入する、すなわち図1のようなプロセスを適用することとし、あわせて、ISO13407が人間中心設計の推進の要件としている以下の項目にも適合した取り組みを行うこととした。

a) 利用者の積極的な参加と、利用者と仕事の要求の明確な理解。

b) 利用と技術に対する適切な機能配分。

c) 設計過程の繰り返し。

d) 複数の専門家の連携作業による設計。

(a)に関しては、まずユーザ(利用者)である市民と、ユーザへのシステム提供サイドである自治体関係者へのインタビューを行い、また設計した解決案を市民に試用してもらい、そのユーザビリティを確認することにした。

(b)に関しては、現在の技術では必ずしもすべてのユーザ側の要求を満たすことはできないことから、利用者である市民と提供側の技術との間に適切なバランスをとる必要があると考えられた。

(c)に関しては、本プロジェクトの研究期間である2年半の間に、少なくとも二回は図1の設計サイクルを反復することにした。

(d)に関しては、LD グループでは、ユーザ工学、認知工学、ユニバーサルデザイン、インタラクションデザイン、情報工学という各分野の専門家からなるチームによって実践していくことにした。

## 2. 市民と自治体関係者へのインタビュー調査

ユーザ工学では、ユーザの利用状況や実態を把握するために、近年、フィールドワークの手法が積極的に利用されるようになってきた。従来のような質問紙調査もそれなりの効果はあるが、やはり現場で当事者にインタビューを行ったり、その実態を観察したりするほうが、はるかに現実的でなまなましい情報を得ることができるからである。そこでLDグループでは、日本各地の都道府県や市区町村を訪問し、インタビュー調査を実施して、その実態把握に努めた。詳細は「2.3. ユビキタス情報社会に対するユニバーサルデザイン的研究」で報告しているので割愛する。

前期報告内容とは別に報告者単独で一般市民のライフスタイルに関する下記の調査をユーザ工学の観点から実施した。

(a) ライフスタイルと学び-ネット利用の可能性について-の調査

時期 2002.10-2003.03

インフォーマント 8名

方法　自宅における個人インタビュー、時間調査

調査地域　札幌、東京、千葉、京都、大阪、那覇

(b) ライフスタイルの多様性とメディア利用についての調査

時期 2003.10

インフォーマント 24 名

方法　会議室における 6 名のグループインタビューを 4 回、時間調査、質問紙調査

調査地域　浜松

(c) 日系ブラジル人のライフスタイルとネット利用の調査

時期 2004.12

インフォーマント 12 名

方法　会議室における 2 名のグループインタビューを 6 回、時間調査、質問紙調査

調査地域　浜松

(d) ライフスタイルと学び-ネット利用の可能性について-の追跡調査

時期 2005.01

インフォーマント 2 名

方法　自宅における個人インタビュー

調査地域　札幌、那覇

(e) ライフスタイルの多様性と携帯電話の利用についての調査

時期 2005.02

インフォーマント 12 名

方法　会議室における 2 名のグループインタビューを 6 回、時間調査、質問紙調査

調査地域　浜松

また、この他に自治体調査を補充する目的で以下の調査を実施した。

(f) 自治体サイドからの住民へのコミュニケーションのあり方に関する調査

時期 2004.02-2004.03

インフォーマント　市役所担当者、住民サイド NPO 関係者

方法　職場における個人インタビュー

調査地域　網走、奄美大島

3. マイクロシナリオ手法の開発

前項に記載したようなインタビュー調査を実施すると、大量の発話情報が得られる。従来は、これらの情報を主観的に解釈し、情報集約をはかっていたが、情報の遺漏や解釈の偏りなどをさけることが困難であり、折角時間と手間をかけて収集した情報が十分に活用されないことも多かった。そこで、こうした質的なデータを適切に処理し、そこから問題点を抽出し、アイディア生成につなげるような枠組みの必要性が考えら、その手法開発を行うこととした。

4. 解決案の開発

インタビューデータからの問題点抽出によって解決案を検討し、それを試作することにした。こうした試作において、デザイナーの使用する視覚化の技術の有効さを確認することも研究の目的であった。すなわち、スケッチやモックアップといった具体的な形にすることによって、そこに込められた着想がより現実的に評価可能となることを確認し、さらにそこに機能の実装を行い、次の実証評価によってそのユーザビリティの確認が行えるようにした。

5. 実証評価の実施

解決案を試作したら、それを実際にユーザに利用してもらい、そのユーザビリティを確認する必要がある。そのために機

能試作を行い、それを市民に利用してもらい、そのありさまを観察し、また事後のインタビューを行い、解決案の実証評価を行うこととした。

6. ユーザ工学にもとづくガイドラインの策定

今回のLDグループのアプローチは、ユーザ工学における人間中心設計の考え方を忠実になぞりながら推進するものであり、貴重な実践事例でもある。そこで、今回の経験をもとにして、ユーザ工学的な観点から、人間中心設計を推進するための実践的ガイドラインを策定することとした。

なお、文理融合(文工連携)についてのガイドラインの策定のために、以下の調査を実施した。

(g) 文理融合(文工連携)に関するやおよろずプロジェクト関係者への調査

時期 2004.12-2005.02

インフォーマント やおよろずプロジェクト関係者(全体リーダー、各グループ代表者、および外部評価委員)計9名

方法 職場における個人インタビュー

調査地域 東京、横浜、川崎、大阪

## ■研究成果

1. 人間中心設計の枠組みにもとづくアプローチの設定

人間中心設計のプロセスアプローチを採用することにより、図2のような形のプロセスサイクルを、2年半の研究期間の間に都合二回まわすことができた。すなわち、インタビュー(ヒアリング)調査などの実施によって、利用状況の把握を行い、その結果にもとづいてシナリオ作成などの形で要求事項を明確化し、さらにその要求を満たすべく、ここメモという携帯電話を利用した解決案の試作を行い、それをもって町歩き実験という形で実証評価を行った。その結果にもとづいて、ここメモのバージョン2を試作し、改めてその実証評価を行った。

このような形で、LDグループにおいて実践した取り組みは、かなり忠実にISO13407で提唱されている人間中心設計のプロセスをたどったといえる。

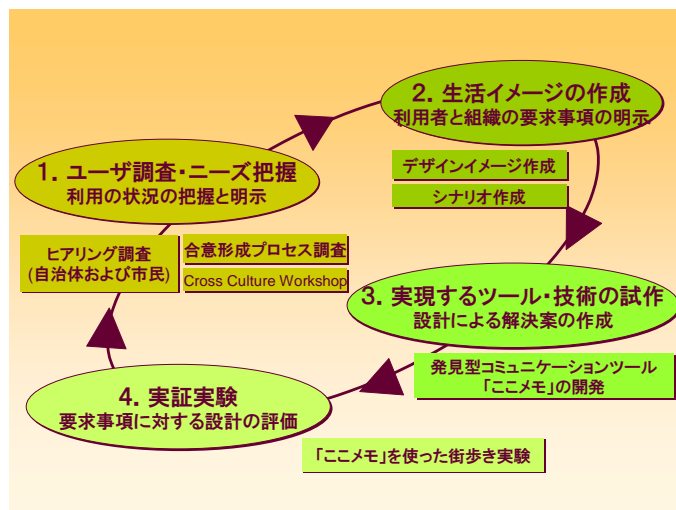



図-2 LDグループにおいて実践した人間中心設計のアプローチ

2. 市民と自治体関係者へのインタビュー調査

インタビュー調査の結果、たとえば自治体のWEBに用意されているBBSは、その利用がパソコン利用者に限定されること、気後れするために利用しない市民もいること、書き込んだ意見に対する反応が遅いと利用の動機付けが低下してしまうこと、など、市民と自治体とのコミュニケーションメディアとして、必ずしも最適な形で運用されていないことが分かり、そうした

問題点を要求事項として整理し、ここメモという GPS とカメラ付き携帯電話を利用した発見型コミュニケーションツールの着想に至った。

3．マイクロシナリオ手法の開発

前記(a)(b)のようなインタビュー調査を実施した経験から、こうした調査における問題点抽出から着想に至るプロセスを支援するために、シナリオ手法の適用が考えられた。シナリオ手法は、近年、こうした設計の上流プロセスにおける手法として注目されるようになってきた(Rosson and Carroll、 2002)。問題点を整理した問題シナリオや、その問題を解決するアイディアを表現した解決シナリオ(活動シナリオともいう)を作成することにより、関係者が共通の問題意識を持ち、目標イメージの共有化を図ることができるからである。

ただし、インタビュー調査で得られた情報を問題シナリオとして整理する段階や、問題シナリオから解決シナリオに至るプロセスは、直観的なやり方にゆだねられていた。そのため効率が悪く、またシナリオの妥当性をバランス良く吟味することもできなかった。

こうした問題点を解決するために、設計の上流プロセスを支援する新たな枠組みが必要とされ、マイクロシナリオ手法(MSM: Micro Scenario Method)の開発を行った。なお、この手法を発展的に開発しながら、前記(c)(d)(e)(f)(g)などのインタビュー調査に適用し、人間中心設計の立場からのシステム設計に対する提案や、文理融合型アプローチに対する提案をまとめ、それを末尾に示すガイドラインとして整備した。

この手法では、インタビューなどのフィールドデータを取得したら、そこから基本情報(GI: Ground Information)と問題マイクロシナリオ(pMS: problem Micro Scenario)を作成する。基本情報というのはインタビューに応じたインフォーマント(ユーザ工学の視点からはユーザ)に関する基礎的な情報で、年齢、性別、職業などの基本属性や、そのライフヒストリーと現在の状況の特徴、特徴的な考え方などを整理したものである。また問題マイクロシナリオというのは、インフォーマントが直面している問題を個別に記述したものである。必ずしもインフォーマントが問題点として認識しているものには限らず、インフォーマントが問題視していなくても分析者が問題として指摘する場合もある。また、インフォーマントは自分なりのやり方でその問題に対処してしまっていることもあるが、それは必ずしも後述する解決マイクロシナリオ(sMS: solution Micro Scenario)をカバーするものではなく、解決シナリオ、つまり解決のためのやり方の一つにすぎないことが多い。問題マイクロシナリオが作成されたら、タグ情報の記述に入る。タグ情報というのは、それぞれの問題マイクロシナリオが、どのような問題に関係しているか、どのような重要性をもっているか、などについてコード化したものである。このタグを利用して MS Excel のソート機能などを使うことにより、問題マイクロシナリオを自由に分類整理し、問題点の抽出を容易にしている点が MSM の特徴の一つである。こうして問題点を整理したら、次に、問題点ごとに解決策を考え、それを解決マイクロシナリオとして記述する。一つの問題点に対して通常複数の解決シナリオが生成される。その中には、インフォーマント自身が既に試みている解決策が含まれるかもしれないし、現在の技術では達成できないような解決策が含まれているかもしれない。このような解決マイクロシナリオを多数作成し、次にそのタグの記述を行う。解決マイクロシナリオにおけるタグ情報とは、その解決策がどの程度有用なものか、その実現に必要な技術の難易度はどの程度か、コスト的には問題はないか、などをコード化したものである。最後に、タグ情報の各カテゴリーについて加重を設定し、タグとの積和を出すことにより、それぞれの解決策の適切さが評価される。その積和値が最大の解決マイクロシナリオを選択することで、現実的に最適な解決策を選ぶことができる。

この手法は、先行する幾つかのアプローチを有機的に統合し、利用しやすいツールとしたものである。基本となっているのは「引用文献 1.」記載のシナリオベーストデザイン(scenario-based design)という手法である。問題シナリオから解決シナリオを導くという着想は、この手法にもとづいている。ただし、彼らが必ずしも明確に表現していなかったフィールドデータからシナリオを導くプロセスについては、「引用文献 2.」記載のマイクロ・エスノグラフィの考え方を援用している。これは設計プロセスにも適用しやすい実践的なフィールドワーク手法であり、具体的な課題を焦点として設定する点に特徴がある。さらに、フィールドワーク手法によって得られた発話データなどから、有意味な情報の素片を抽出するアプローチに関しては、「引用文献 3.」記載の GTA(Grounded Theory Approach)の手法に近いやり方をとっている。ただし、GTA におけるオープンコーディングというやり方は、情報の素片を集めることを目的としており、MSM における様な問題点の抽出という目的に特化してはいない。またExcelを使ってソートする操作は、ちょうど「引用文献 4.」記載のカードのグループ編成のプロセスに近い効果を持つ。ただしソート機能を利用しているため、迅速であり、かつグループの再編成も容易である。マイクロシナリオに

タグ情報を付す点は、特に解決マイクロシナリオに対する処理の点でQFD(Quality Function Deployment)の手法に関連性がある。このように、マイクロシナリオ手法は、先行する複数のアプローチを有機的に統合し、かつ、それら単独での利用効果をしのぐ利便性を備えており、今後、設計の上流プロセスにおいて効果を発揮すると考えられる。

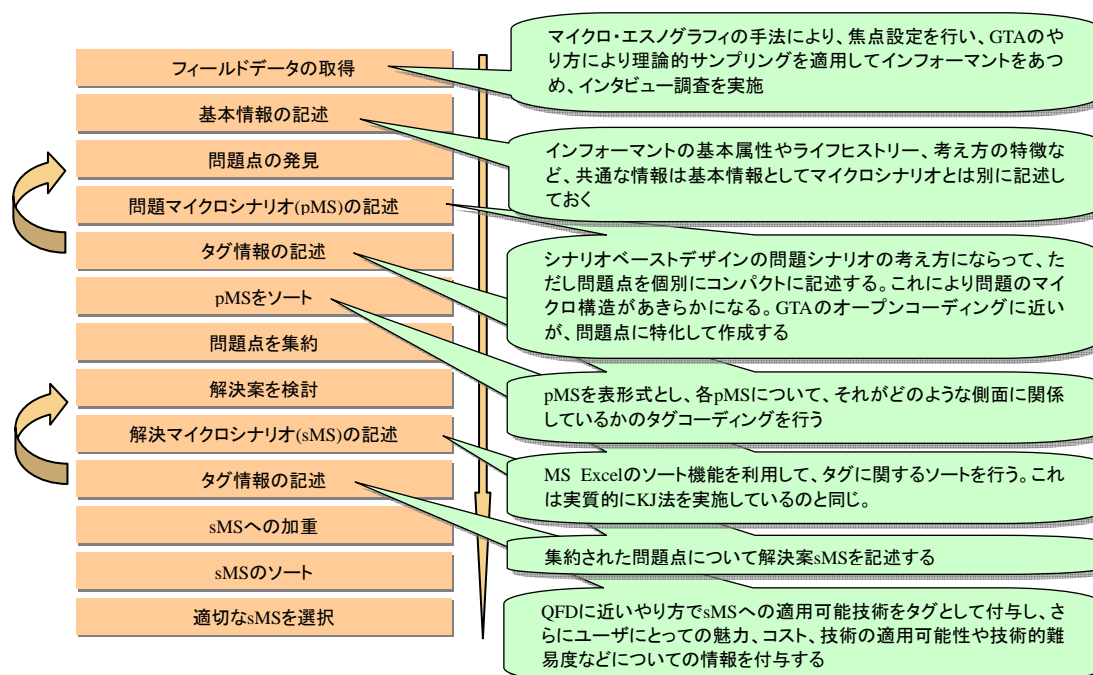



図-3 マイクロシナリオ手法の流れ

4. 解決案としての「ここメモ」の開発

こうした問題から解決への流れの中で、LDグループではここメモという着想に至った。従来の市民と自治体の関係は、必ずしも適切な形でその道筋の構築がなされていなかったが、ここメモでは、いまや誰もが保有している携帯電話を利用したコミュニケーションシステムであり、そうしたシステムを提案することにより、気軽なコミュニケーションの実現を可能とした。すなわち、ここメモは、いつでも、どこでも、だれにでも、というユビキタス情報社会が備えるべき要件を満たしたコミュニケーションツールと考えることができる。また、ここメモは、何か気が付いたり、何かを見つけたりしたら、その場でコミュニケーションを行うという「発見型コミュニケーション」を強くサポートするものであるという点でも新しいコミュニケーションの領域を切り開いたものといえる。

5. 実証評価の実施

ISO13407で提唱されている四番目のプロセスは評価である。これまでの企業における機器やシステムの開発においては、この評価というプロセスを十分に行わず、ましてやユーザビリティに関して作り直しをすることも少なかった。この点に関し、LD グループでは、さまざまな状況を設定した中で、実際の町のなかにおける実証評価を行い、ここメモの有用性を確認した。

6. ユーザ工学にもとづくガイドラインの策定

最後に、LD グループにおけるここメモの設計体験を通して、人間中心設計に関わる実践的なガイドラインをとりまとめた。すなわち、

(1) ISO13407 に記述されている人間中心設計のアプローチを遵守するため、下記のような点に留意すること。

a) 対象ユーザの行う仕事やその環境の範囲について、設計活動を支援するに足る詳細な記述をすること。
b) そうした記述は確実な情報源から導き出すこと。
c) 設計過程において、ユーザ自身か、またはそれが確保できない場合は、その利益を代表する者を確保すること。
d) 利用状況に関する情報は適切に文書化すること。
e) 設計活動を支援するために適切な時期に適切な形式で設計チームに情報を提供すること。
f) 設計において、適切なユーザとその他の関係者の範囲を明確にすること。
g) 人間中心設計の目標を設計の初期段階から明確にしておくこと。
h) さまざまな要求に対し適切な優先順位を設定すること。
i) 新しい設計案をテストする際には、測定可能な基準を用意すること。
j) 設計過程において、ユーザか、あるいはその利益を代表する者を参加させ、そのユーザビリティを確認すること。
k) システムのどの部分をどのように評価するかを明確にすること。
l) 評価の実施方法とテストの手順を明確にすること。
m) 評価に必要な工数と設備、結果の解析方法、およびユーザへの連絡方法などを必要に応じて明記すること。
n) 評価活動のスケジューリングとプロジェクト全体の日程との関連を適切に行うこと。
o) 他の設計活動成果の利用とフィードバックを適切なタイミングで適切な関係者に対して行うこと。
p) 適切な人数のユーザが評価場面に参加すること。また、彼らは利用状況におかれているユーザの代表であること。
q) 主要な人間中心の目標に対応した評価を実施すること。
r) 評価やデータ収集の方法について妥当性を持たせること。
s) 評価の結果に対して適切な取り扱いをすること。
t) 評価条件を適切に設定すること。
u) 機能やユーザの要求事項に最も適合する設計案を選択すること。
v) ユーザからフィードバックやさらなる要求を引き出すように努力すること。

(2) 文理融合型(文工連携型)の設計を推進するため、下記のような点に留意すること。

a) 基礎技術の開発をのぞき、機器やシステムとしてユーザに提供されるものを設計開発する場合には、必ず人間科学にもとづいたアプローチをとり、そこから得られた情報にもとづいて目標設定をすること。
b) 人間科学にもとづいたアプローチは必ずしも文系出身者でなければできないことではないため、理工系の出身者であっても適切な人材(人間に対する興味関心があり、人間のことを常に考える指向性を持っていること)を抜擢し、その任につかせること。
c) 考え方や言葉の使い方の違いもあるため、人間系と工学系とのコミュニケーションや意思疎通を良くするべく努力し、お互いに相手のスタンスを尊重すること。
d) そのためにはプロジェクト全体の統括を担当する者において、適切な目標設定と目標管理を実践すること。
e) 実ユーザを用いた要求事項の抽出や評価の実施を必ず行い、その結果に謙虚な姿勢で臨むこと。

## ■考 察

本研究では、ユーザ工学の観点から人間中心設計のアプローチを採用し、LD グループにおけるユビキタス情報社会のライフスタイルデザインの研究を先導的に推進した。その結果、ISO13407 に提唱されている人間中心設計のプロセスモデルにしたがった形で、ユーザのフィールド調査を実施し、その結果にもとづいたここメモというシステムの提案に至り、実証評価を経て、その完成度をあげることに成功した。あわせて、設計の上流工程を支援するツールとして、マイクロシナリオ手法を開発した。また、本プロジェクトでの全体的活動にもとづき、人間中心設計と文理融合型設計の推進に関する二系統のガイドラインを設定することができた。

なお、文理融合型(文工連携型)の設計を推進する上で、マイクロシナリオを用いたデータベース構築の提案を行ったが、これは次のようなものである(図-4)。すなわち、文理融合型のプロジェクトを実施しようとした場合、まずは人間系の問題把握や要求抽出が先行しなければならない。その間、工学系の担当者が時間を無駄にしないよう、また人間系からでてきた要求に適合しない方向への開発に着手してしまわないよう、問題把握や要求事項の整理については、あらかじめ別途、問題マイクロシナリオのデータベースを構築しておくとよいと考えられた。こうしたデータベースがあり、各プロジェクトチームにそのデータを解釈できる人間系の担当者がおり、さらに明確になった問題に対する解決策(解決マイクロシナリオ)の生成を促進するためにデザイン系の担当者がいるならば、プロジェクトチームが編成されて間もない段階で、有用なアイディアの着想に至ることが可能と考えられた。この提案はまだ実証的に検証されてはいないが、本プロジェクトの経験を通した有意義な着想であり、近い将来の実践的検証が期待される。

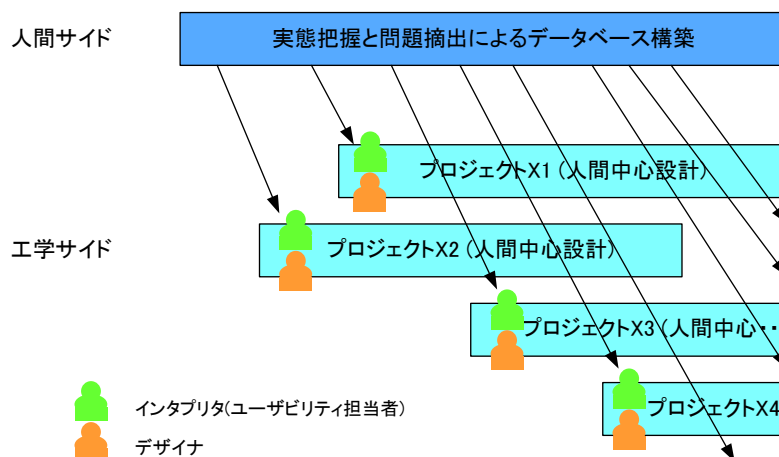



図-4 問題シナリオデータペース構築を利用した、人間中心設計にもとづくプロジェクト運用

## ■ 引用文献

1. Shackel, B.:「Ergonomics in Information Technology in Europe – A Review」, Behaviour and Information Technology, 4(4), 263-287,(1985)
2. Rosson, M.B. and Carroll, J.M. :「Usability Engineering - Scenario-based Development of Human-Computer Interaction」, Morgan and Kaufmann, (2002)
3. 箕浦康子:「フィールドワークの技法と実際–マイクロ・エスノグラフィ入門」, ミネルヴァ書房, (1999)
4. 木下康仁:「グラウンデッド・セオリー・アプローチの実践」, 弘文堂, (2003)
5. 川喜田二郎:「発想法—創造性開発のために」, 中央公論社, (1967)

## ■ 成果の発表

### 原著論文による発表

国内誌(国内英文誌を含む)

該当なし

国外誌

該当なし

## 原著論文以外による発表(レビュー等)

国内誌(国内英文誌を含む)

1. 黒須正明:「ユビキタス情報社会の近未来像を探る－文科省振興調整費によるやおよろずプロジェクトの紹介, SSR 研究会, (2003)
2. 黒須正明:「マイクロシナリオ技法によるフィールドデータの分析」, ヒューマンインタフェースシンポジウム, (2003)
3. 黒須正明:「ユビキタス情報社会のライフスタイルデザインの研究」, ユーザビリティ専門研究会第 26 回談話会, (2003)
4. Masaaki Kurosu, Hideaki Takahashi, Junji Nakata, Chika Sekine, Naoki Sakakibara, Naoko Ishida, Takeshi Hoshino, and Yukinobu Maruyama:「Life Style Design for the Ubiquitous Information Society」, SICE Annual Conference 2003 (SICE 2003), 2003
5. 伊藤泰久,広瀬洋子,高橋秀明,黒須正明:「現在シナリオと未来シナリオに基づく新商品コンセプトの提案手法に関する検討」, ヒューマンインタフェース学会, (2004)
6. 黒須正明:「Micro-scenario method: a new approach to the requirement analysis」, ヒューマンインタフェース学会研究会, (2004)
7. Masaaki Kurosu, Hideaki Takahashi, Chika Sekine, Naoki Sakakibara, Tomoko Imai, Takeshi Hoshino, Yukinobu Maruyama, and Junji Nakata:「Human-Centered Design Approach for the Lifestyle Design in Ubiquitous Information Society」, SICE Annual Conference 2004 (SICE 2004), 2004

国外誌

1. Masaaki Kurosu:「Human-Centered Approach for the Ubiquitous Information Society」, IEA2003 Technical Session, 2003
2. Masaaki Kurosu:「Applying Fieldwork Methods for Investigating the Context of Use of Multimedia education」, JALTCALL2003, 2003
3. Masaaki Kurosu:「DFRA Approach to Generate the Requirements for e-Learning」, ICCE2003, 2003
4. Masaaki Kurosu:「Micro-scenario method: a new approach to the requirement analysis」, WWCS2004, 2004

## 口頭発表

招待講演

該当なし

応募・主催講演等

1. 黒須正明:「Excel を利用した Open Coding」, お茶の水女子大学, 2003.1

## 特許等出願等

該当なし

## 受賞等

該当なし

2. ユビキタス情報化社会のライフスタイルデザインに関する研究

## 2.2. ユビキタス情報社会に対する認知工学的研究

独立行政法人メディア教育開発センター研究開発部
高橋　秀明

### ■要　約

将来のユビキタス情報社会における人々と各種の機器との関係のあり方についてガイドラインを検討するために、1)現在の日常生活における情報通信機器の使用実態に関する、家庭訪問による観察・インタビュー調査、2)「ここメモ」の日常生活における長期実験を主に行った。その結果、1)機器使用において、機器の配置に家族のライフイベントが関連していること、携帯端末の充電の仕方と仕事での端末使用とが関連していること、2)「ここメモ」使用の仕方と、参加者の活動範囲や興味関心、日常生活のパターンが関連していること、が主に分かった。インタフェースや機器を情報生態システムの中で評価する観点を出発点にして、ガイドライン策定を行った。

### ■目　的

本担当項目は、認知工学の観点から、将来のユビキタス情報社会におけるシステムインタフェースのあり方を検討し、ガイドラインを策定することを目的としている。

本担当項目の立場からの認知工学の観点においては、人々が日常生活において、情報通信機器をどのように使用しているかを、できるだけ詳細に記述して、情報通信機器の使用についての特徴を明らかにしようとする。具体的には、現在の日常生活における情報通信機器の使用実態の調査と、現在の日常生活への新しい情報通信機器の導入実験とを実施した。

これらの日常生活における情報通信機器の使用に関する調査および実験を通して、将来のユビキタス情報社会におけるライフスタイルデザインについて、認知工学の立場からガイドラインを検討する。

1. 日常生活における情報通信機器の使用実態調査

現在、人々は日常生活において、情報通信機器をどのように使用しているのだろうか？これはきわめて素朴な問題であるが、今まで研究の対象となることは少なかった。しかし、近年になり、「引用文献 1.」のメディア心理学や「引用文献 2.」の情報生態学などの研究が進み、このような素朴な問題へアプローチするための理論的な枠組みが整えられつつあると同時に、データも蓄積されつつある。そして、従来の認知工学研究がより豊かになる契機ともなっている（たとえば、「引用文献 3.」の家庭の認知科学など）。

情報通信機器の使用実態は、きわめて広く多様な射程を有している。すなわち、誰がいつ、どのような機器を、どのような場所で使用しているのか？　それが昔から現在までどのように変化してきたか？といったことが問題となる。

従来の研究では、情報通信機器としては、パーソナルコンピュータと携帯電話とが主に対象となっていたにすぎず、その使用目的はあくまでユーザとしてのそれに限定されていたと言える。しかし、たとえば日常生活における行動には、その地域の地方公共団体や自治会での規則や決まりがさまざまなメディアを使用して伝えられると同時に、住民もさまざまなメディアを通してその規則や決まりについて情報を取得し、その情報を保持し、必要に応じて情報を更新し、実際の具体的な行動を取っている訳である。このように情報通信機器は、さまざまな主体による情報のやり取り（とその時間変化）を媒介するメディアとして位置づけない限り、その使用実態を記述することはできない。

こうして、本研究は、使用実態をできるだけ詳細に記述するだけでなく、行政と住民という異なる立場からの使用実態とその時間変化とを記述することを目的としている。

2. 日常生活への新しい情報通信機器の導入実験

日常生活に、ユビキタス関連の技術を取り入れた新しい情報通信機器が導入された場合に、何が起こるのだろうか？ ここでは、本中項目に属する他の機関によって開発されたシステムを、実際に日常生活において長期に使用してもらい、その新しい機器がどのように使用されるか？ 他の機器の使用はどのように変わるのか？ 日常生活への影響はあるのか？ あるとしたらどのような影響か？ というような基本的な問題点を明らかにする目的で、実験的な検討を行った。

## ■研究方法

1. 日常生活における情報通信機器の使用実態調査

1.1. 行政側への調査

行政側への調査方法は以下の通りである。情報政策において先進的な取り組みをしていることで有名な地方公共団体の、主に情報システム担当者を訪問し、インタビューを実施した。これは、平成14年度に、本中項目に属する他の機関の担当者と一緒に行ったものである（詳しくは、2.3. ユビキタス情報社会に対するユニバーサルデザイン的研究 を参照のこと）が、その後平成15年度および16年度に、本報告者が独自に、複数回の訪問調査や研究会でのインタビューも実施したものも含まれている。本小項目の目的に直接関連する結果は、主に、浜松市と札幌市との関係者へのインタビューから得られたものである。なお両市とも、市の担当者ばかりでなく、NPO団体の関係者にもインタビューを実施している。NPO団体は、札幌市については主に札幌市の観光情報についてのwebサイトを運営している団体、浜松市については高齢者や障害者支援を行っている団体である。

1.2. 住民側への調査

住民側への調査方法は以下の通りである。ここでは平成15年度に行われた調査についてのみ述べる。対象地域は、行政側と同じ地域ということで浜松市とその周辺地域とした。従来からマーケット調査において、日本を代表する地域として静岡県が選ばれていることからも、この地域の選択は妥当であると判断できる。浜松市にある人材派遣会社を通じて、性差や年令差のバランスを取って、合計24人の住民に対して、日常生活における情報通信機器の使用についての質問紙ならびに 6 人ずつ4組のグループインタビューを実施し、この24人に対して、家庭訪問調査についての説明ならびに協力依頼を行った。その結果協力を得られた12人に対して、家庭訪問を実施した。家庭訪問では、質問紙調査の回答についてより詳しく説明を求めると同時に、必要に応じて家庭内の現場でのインタビューならびに観察を行った。一人あたりの所要時間は約2時間であった。

質問紙は、身近な問題（ゴミ出しや騒音問題）から国際問題（外交や事件）までの情報の入力と出力とについて、どのようなメディアを使用しているか、将来使用することになるか、それぞれについてどの程度までプライバシー情報を開示できるか、ということを対象としている。メディアとしては、窓口での対面、広報誌、新聞、テレビ・ラジオ、webなどを対象とした。情報通信機器としては、パーソナルコンピュータと携帯電話の他に、固定電話、テレビ・ラジオ、ビデオカメラ・デッキ、デジタルカメラ、ゲーム機器、自家用車のナビゲーション機器、などを対象とした。

1.3. データ分析方法

データ分析方法は以下の通りである。録音されたインタビュー結果を書き起こしし、文書に直したものから、機器使用の本質を示しているであろうパターンを探り出す作業を繰り返すという、「引用文献 4.」記載の質的分析を行った。録画記録された観察結果は、この質的分析のための補助的なデータとして扱った。

2. 日常生活への新しい情報通信機器の導入実験

2.1. 対象機器

本実験は、平成 16 年度に実施した。新しい情報通信機器としては、日立製作所デザイン本部によって開発された「ここメモ」を採用した。なお、「ここメモ」の仕様については、2.4. ユビキタス情報社会に対するインタフェースデザイン的研究 を参照されたい。

2.2. 実験参加者

参加者は全員女性6人で、それぞれ既知の間柄である、20～30 代3人（いずれも独身）と、40～50 代3人（いずれも家庭の主婦）であり別々に実験に参加した。50代女性1人は携帯電話を使用するのが全くの初めてであったが、他の5人は、携帯電話を使用し始めてから4ないし5年程度で、現有の機器は3ないし4台目ということであった。20～30 代3人の内2人は、報告者の機関がある地域と同じ地域に勤務先があり居住地は別の地域、残りの1人は勤務地が別の地域で居住地が同じ地域であった。3人とも休日を除き毎日勤務していた。一方、40～50 代3人は、報告者の機関と同じ地域の同じマンションに居住しており、毎週3日間アルバイトの勤務をしている。

2.3. 実験手続き

実験期間は、20～30 代3人については、最初に 10 日間、その後約1ヶ月の間隔をおいて、1ヶ月程度使用することを求めた。40～50 代3人については、8日間の使用を求めた。いずれも、実験の初日に、「ここメモ」の使用法についての説明と実習を2時間ほど実施した後は、自由に使用することを求め、期間の最後に、グループインタビューを実施して、実験を終了した。なお、20～30 代3人については、グループインタビューの後に、個別インタビューを実施した。さらに1ヶ月実験の際には、期間の中期にグループインタビューを実施した。

2.4. データ分析方法

データ分析は以下のように行った。携帯端末には、カメラで画像を保存した日時、メールを受信送信した日時が記録されるので、それらの内容と共にログ記録をデータとした。さらに、各種のインタビューによって、毎日のイベントや操作の時々で起きたこと、考えていたことなどを話すことを求め、それをテープ起こしして文書化し、ログ記録との対応を分析した。本研究は実験的な手法を取ってはいるが、データ分析においては、質的分析の観点も重視している。

2.5. 個別実験

以上の集団での実験研究とは別に、以下の個別実験を実施した。この参加者は、上記集団実験での参加者の内、携帯電話を使用するのが全く初めてという 50 代女性1人である。新規に携帯電話を購入したという設定で、製品パッケージを渡し、電話をかける、メールを送る、という課題解決を求めた。参加者には、課題解決時には、考えていることを話しながら解決することを求めた。さらに、携帯電話のキーを操作する、取扱説明書を読むなどの行動も記録した。これらの発話や行動は、「引用文献 5.」記載のプロトコル分析によって、課題解決プロセスを記述した。実験の所要時間は、約2時間であった。

3. ガイドライン策定の方法

以上、日常生活における情報通信機器の使用実態調査と日常生活への新しい情報通信機器の導入実験との結果について、本中項目に属する他の機関の担当者と審議を重ねた。その審議結果をふまえ、報告者が洞察を行い、ガイドラインを策定した。

## ■研究成果

1. 日常生活における情報通信機器の使用実態調査

本調査の結果は多岐にわたるが、ここでは3つの観点からのみ結果を述べることとする。

1.1. 機器の（再）配置

これは、家庭内の各部屋に、各種の情報通信機器をどのように配置、あるいは再配置しているかということである。ここでは 50 代女性での結果のみ述べる。彼女は同じ 50 代の夫と二人暮らしである。

まず、情報通信機器の使用について全体的な結果を述べる。夫婦で各1台ずつの携帯電話を所有しているが、特に夫はほとんど使用していない。参加者である妻も携帯電話の使用頻度は低く、ほとんどが通話での使用でありメールの使用

は少ない。家庭内での電話は、夫婦ともにほとんどが据付電話を使用している。通話やメールの相手が子供や親しい友人に限定されるために、携帯電話の使用頻度が低い。なお、参加者は、家庭内で、携帯電話を置く位置を決めていない。外出時に持って出たバッグに、携帯電話を入れっぱなしにしておく。電話がかかってきたり、充電の必要がある時のみバッグから取り出し、使用後はまたバッグに戻している。参加者は、自宅には、パーソナルコンピュータを持っていない。しかし、職場においては、専用機やパーソナルコンピュータの使用経験はある。

この夫婦には男女1人ずつ2人の子どもがいたが、それぞれ結婚を機に独立して別居した。こうして夫婦のみの生活になるのにあわせて、各部屋の使い方を変えると同時に、情報通信機器の配置を変えた。すなわち、今まで子どもの部屋に使っていた部屋を、夫婦それぞれの専用の部屋や物置として使用するようにした。そして、据付電話については玄関横から台所と今との間に、テレビについては同じ居間内ではあるが台所からも見ることのできる位置まで、それぞれ配置場所を変えた(図1)。

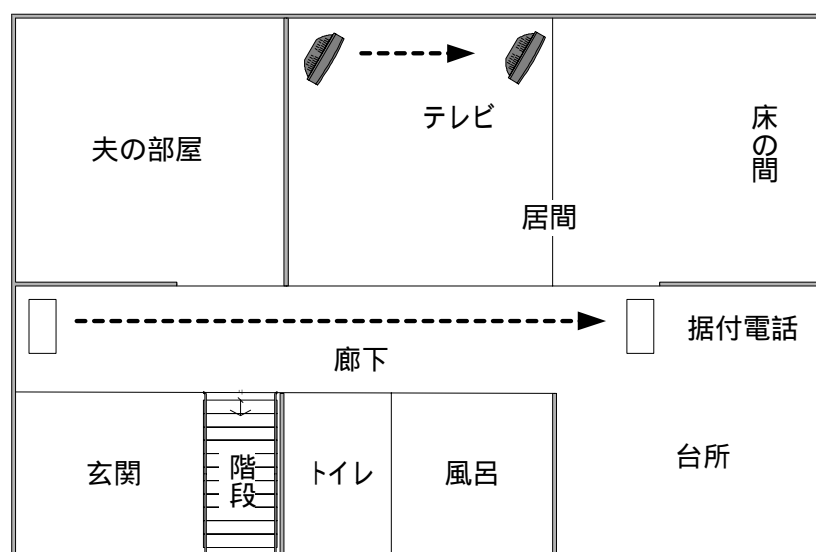



図-1 機器の(再)配置

家庭内において、この参加者は、2階の自分の部屋にいる以外の時間は、居間と台所にいることが多い。据付電話は台所と居間との間に置くことですぐに利用できる。一方テレビは、台所からも見ることができる位置まで移動したわけである。こうしてこの居間は、テレビを再配置することで、居間としての心理的な空間は狭くなったが、日常的には夫妻のみの団らんの場として意味づけ直されたわけである。据付電話も、夫妻にとってより便利な位置に再配置されたと言えるわけである。なお、これらの再配置のタイミングは、夫妻が携帯電話を購入した時期とも重なっている。これは家庭から離れる子供の勧めに従った結果である。

1.2. 携帯電話の充電

これは、携帯電話の充電を、いつどのようなタイミングで、どのような場所で行っているかということである。12人の参加者全員が携帯電話を使用していたが、充電の仕方には、以下の3つのパターンが見いだされた。これは充電器を家庭内で置いている場所と実際に充電する時間・タイミングによって分けられる。

(1) 時間・場所とも決まっている

12人の参加者の中で7人があてはまり、最も多かったパターンである。

充電する時間は、帰宅後すぐに、あるいは就寝時に、のいずれかである。いずれの場合にも、充電のためにというよりも、家庭内での置き場所という意味で充電器に差しておき、ついでに充電するという意味合いが強い。充電する場所は、家庭内で最も長く居る場所(居間や台所など)か寝室のいずれかである。いずれの場合にも充電器はコンセントに差したままということがほとんどである。帰宅後すぐに家庭内で最も長くいる場所に、および就寝時に寝室に、という組み合わせが多い。

後者の場合には、家庭内でも携帯電話を身につけていることが多い。さらに後者の場合には、携帯電話を目覚まし時計として利用していることが多い。

(2) 時間のみ決まっている

次に多かったパターンであり、4人があてはまる。50 代女性2人が含まれており、彼女らの携帯電話の使用は、家族やごく親しい友人との通話に限られるということであった。

このパターンは、携帯電話の残電源の指標を監視していて、満充電から少しでも指標が減ったら直ぐにという場合と、そろそろ充電しておかないと切れるというタイミングとのいずれかである。外出中にこのような事態になった場合には、帰宅後直ぐに充電するというのがほとんどである。場所は上のパターンと同じように、家庭内で最も長く居る場所（居間や台所など）か寝室のいずれかであるが、充電器はその場所の近くに仕舞ってあるか外出の際に携帯電話を入れるバッグに一緒に入れてあり、出しっぱなしということはない。

(3) 時間・場所とも決まっていない

このパターンにあてはまったのは1人であるが、それは 30 代女性であり、仕事に自家用車で移動し、携帯電話を仕事に使用することがほとんどであるということであった。また、最初の「時間・場所とも決まっている」に分類したが、30 代および 40 代の男性1人ずつ計2人についても、仕事に自家用車で移動し、携帯電話を仕事に使用しており、このパターンが一部見られている。

このパターンは、充電器を持ち歩いている場合である。自家用車内であるいは職場で充電している場合がほとんどであるが、喫茶店などで充電している例も見られる。

さて、携帯電話を充電するためには、充電器のケーブルをいずれかのコンセントに差し込んで電源を確保する必要があるが、そこにも興味深い結果が得られた。すなわち、家庭内のコンセントは場所と数とが制限されているので、各機器の優先度の順番にコンセントが占有され、必要に応じて延長ケーブルを使用して対応する訳だが、ここにも上で述べた機器の（再）配置の仕方が影響を受けるということが見られた。

1.3. ゴミ出し行動の情報生態学

これは、日常生活におけるゴミ出し行動をめぐって、行政側は住民に対してゴミ収集の方法をさまざまなメディアを使用して広報すると同時に、住民側もさまざまなメディアを通してゴミ出しの方法について情報を取得し、その情報を保持し、必要に応じて情報を更新し、実際のゴミ出しという行動を取っており、単純な日常生活といえども、そこにはさまざまなエージェントがさまざまなメディアを通して関与しており、その全体をシステムとして捉えることができるということである（図2）。

行政側が使用しているメディアとしては、窓口での対面、電話、事務所での掲示板、自治会での回覧板、広報広聴誌、テレビ・ラジオなどローカル放送、webサイトといったように、多岐にわたるが、これは多様な住民のニーズに答える義務があるからである。一方住民側も、同じようなメディアを使用しているが、さらに、単純に記憶しておく、家族など他人に聞く、ゴミ収集のカレンダーを冷蔵庫に貼っておく、自分のカレンダーに印を付けておく、カレンダー情報を携帯電話のメモあるいはスケジュール表に入力しておく、など独自のメディアを使用していることが多い。

このように住民側は、通常のゴミ捨て行動を取る際には、それぞれユニークなメディアを使用しているが、たとえば壊れた家具などを捨てるというように通常ではないゴミ捨て行動を取る際には、今までとは別のメディアを使用することが多い。具体的には、市役所の窓口に電話をかけて、粗大ゴミの捨て方について尋ねて解決してから、実際のゴミ捨て行動を取るわけである。一方行政側でも、粗大ゴミの捨て方については各種のメディアを通じて住民に知らせてあるわけであるが、たとえば電話で応対する際には、家具の場合には細かく切れば通常のゴミと同じように出せる、といったような情報を提供するなどのティップスについても現場でマニュアル化されている。

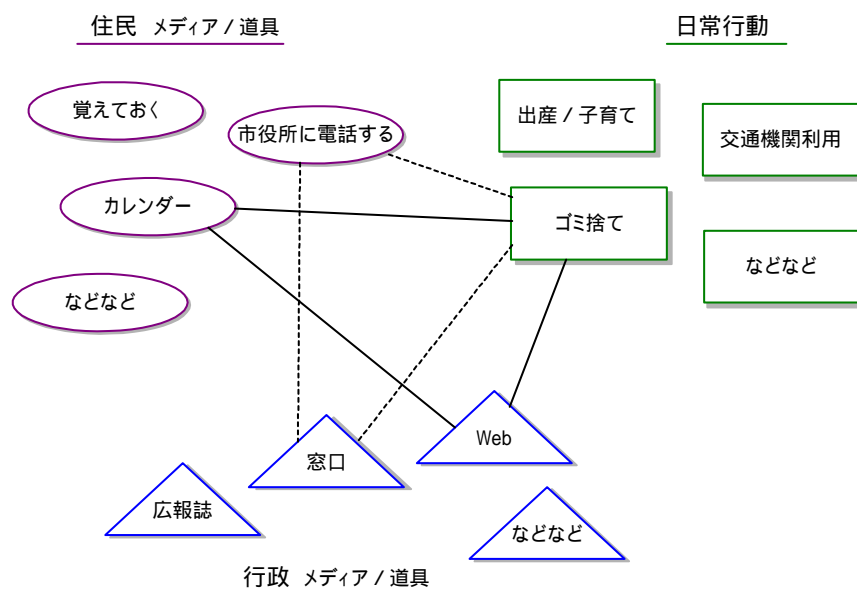



図-2 エージェント・メディア・行動のネットワーク

以上のように、情報通信機器の使用実態について、その重要な側面のいくつかを明らかにすることができた。

2. 日常生活への新しい情報通信機器の導入実験

本実験の結果は多岐にわたるが、ここでは2つの観点からのみ結果を述べることとする。

2.1. 活動場所との関係

「ここメモ」は、地図に画像とメモという情報を貼り付けるので、参加者の日常生活における活動場所の影響が大きいことが考えられる。

20～30 代3人については、内1人が別の場所に勤務しているため、日中に情報を収集することがほとんどできず、情報の収集は休日のみとなった。残りの2人は地域内に勤務地があるが、情報の収集に割けることのできるのは、昼休みや通勤時間に限られることになる。40～50 代3人は同じ地域に居住地・勤務地ともあるが、20～30 代3人に比べるとメモの登録や情報のやり取りは少なかった。40～50 代3人によると、たとえ勤務日でない日でも家庭の主婦としてやるべき事はたくさんあり、「ここメモ」の使用に割ける時間は限られるとのことであった。

一方で、「ここメモ」でやり取りされる情報の内容については、両年令群ともに、大差はないと言える。すなわち、地図内で、各参加者が知っていることを紹介する、たとえば、「この店のランチは美味しい」「この公園の花が咲いた」などのメモとそれに対して、別の参加者が「近くにもっと安くて美味しい店がある」「季節の変わり目」といった関連情報や返信情報でやり取りする、ことが見られた。

2.2. 機器使用を継続すること

「ここメモ」は、通常の携帯電話を使用したwebアプリケーションであるので、参加者各自が日常生活において使用している携帯電話と外見的には違いはない。そこで「ここメモ」を使用し続けるために、参加者はいろいろな工夫をすることになる。これは以下の2つに分けて捉えることができる。

(1) 携帯電話自体が仕様として持っている機能

「ここメモ」とは独立に携帯電話自体が仕様として持っている機能を使って、「ここメモ」に反映させてみることが行われる。ここでは、この事例として以下の4つのみを述べる。なお、これらの事例において、最初ある一人の参加者がある機能を発見して実際に使用してみて、他の参加者に教えたり、他の参加者がまねをしたりより洗練された使い方をしたり、ということは、ごく自然に行われていた。

- 撮り貯め　「ここメモ」でメモを投稿するためには、画像、位置情報、メモが必須の情報である。位置情報は画像を取ったその場所で取得する必要がある。実験で使用した携帯電話は、画像に位置情報を付加する機能を有している。そこで、参加者は、画像を取ったその場所で位置情報を取得するまでを行って、後で別の場所で、その画像から位置情報を呼び出して「ここメモ」でメモを投稿するということを行うようになった。
- 新規メモの共有　「ここメモ」は仕様上、新規に投稿されたメモを検索することは困難である。そこで参加者は、自分が投稿したメモに対して「ここメモ」システムから自動的に送付される「投稿成功メール」を、他の参加者に転送するということを行うようになった。
- 画像の編集　参加者は、画像を撮影してから、たとえば回転して保存してから投稿する、画像の明るさを調整する、などの編集を行うようになった。
- 絵文字の活用　投稿メモに絵文字を使ってみることは多様に行われた。これは、両年令群ともにあてはまる。参加者によると、個人で持っている携帯電話とは異なる機種であるために、絵文字を使う珍しさやおもしろさが倍増されたためということであった。

(2) 参加者独自の仕掛け・工夫

参加者が独自に工夫したり、仕掛けを作ることによって、「ここメモ」の使用を継続することも行われる。ここでは、この事例として以下の2つのみを述べる。

- 投稿テーマの設定　「ここメモ」には、メモを投稿する際に、その内容によってカテゴリー分けをする「フィルタ」という機能がある。参加者にはあらかじめ「フィルタ」について説明し、新規フィルタの要求を受け付けるようにしてあった。すると、20～30 代の参加者から自発的に「お題でゴー」というフィルタ作成の要望が出された。これは特に、別の場所に勤務している1人の参加者が自らの役割を考えて要望を出したとのことであった。すなわち、勤務地が別であるために、「ここメモ」のために情報収集するのは休日に限定されてしまうので、むしろ情報収集は他の2人の参加者に任せ、自分は返信メモや関連メモを投稿することによって貢献しようということである。この1人の参加者がテーマを設定し、他の2人の参加者がそのテーマにあった情報を探して投稿し、それに対して最初の1人の参加者が返信メモや投稿メモを返す、ことの繰り返しでコミュニケーションを持続しようということである。実際にテーマが設定されたのは2回にとどまったが、以下のような興味深い事例が生まれるきっかけとなった。
- 場所に限定せずにメモを投稿すること　「ここメモ」は「私が今ここで」発見したり知った情報に基づいてコミュニケーションすることができる訳であるが、実際の使用にあたっては、登録されている地図の範囲の制約がきわめて大きい。参加者各自が知っていて紹介したい情報があり投稿してみるが、地図の範囲外のため、他の参加者には閲覧することができない、そのような経験を重ねると、投稿自体が避けられる、ということがしばしば見られた。しかし、上のテーマ設定でのやり取りにおいて、「違反しているかもしれない」というコメントを付けつつも、関連しているテーマであるので、全く異なる場所で取った画像に基づいてメモを投稿するということが行われ、他の参加者からも支持が得られる、ということが見られた。

以上のように、新しい情報通信機器が日常生活に導入された場合の影響について、その重要な側面のいくつかを明らかにすることができた。

3.　ガイドライン策定

将来のユビキタス情報社会におけるシステムインタフェースのあり方に関して、認知工学の観点からのガイドラインについて検討した。

本小項目においては、日常生活における情報通信機器の使用実態調査と、日常生活への新しい情報通信機器の導入実験とを行った結果、機器の使用は、複数のエージェントが多様なメディアを介して情報をやり取りする情報生態システムの中で捉えるべきであることが分かった。人のライフスタイルのあり方やライフイベントの個人差が重要であるというのも、このようなシステムの中で捉えると、そもそも個人差があることが常態であるということになろう。

インタフェースや機器を単独で評価するのではなく、情報生態システムの中で評価するということを出発点として、ガイドラインとして取り上げるべき項目を3点あげておく。

(1)　人の個人差に対応できることを重視せよ
これは、日常生活での仕事や趣味、活動範囲、ライフスタイル、ライフイベントなどによる多様さに対応できる、ということである。さらに、個人間での違いばかりでなく、個人内での違いにも注意する必要がある。今までは、個人の使用にあわせたインタフェースのカスタマイズ化といったことで対応されてきたが、今後もこの観点は重視されるであろう。
(2)　人が自発的に仕掛けや工夫をすることを大切にせよ
人がインタフェースや機器使用において、さまざまな工夫をしたり仕掛けを作ることは常態である。インタフェースや機器自体がたとえ使いにくくとも、人がそれに何らかの対処をしようとすることができるように、インタフェースや機器をデザインする際には配慮しておくべきである。
(3)　万能機械は不可能であると銘記せよ
インタフェースや機器が、その機能に重なりを持ってネットワーク状に存在しているのが常態である。1つのインタフェースや機器で、すべてを解決することは不可能である。これは、将来のユビキタス情報社会における技術開発においても、変わることはないであろう。

## ■考 察

1.　日常生活における情報通信機器の使用実態調査

本調査の結果をまとめると以下となる。日常生活における情報通信機器は、単独で使用実態が決まるのではなく、他の機器との関係や人のライフスタイルのあり方、家族のライフイベントとの関係でおいて決まってくるということである。

機器の（再）配置に見られたように、据付電話やテレビといったように、ある程度場所を決めて使用する機器の場合には、当該の家庭での各部屋の役割、各部屋内での他の家具や機器の配置との関係で、決まってくることがほとんどである。これには、その家族のライフイベントが大きく関連している。研究成果において紹介していないが、他の事例として、デスクトップ型のパーソナルコンピュータの配置場所についても、同じような結果が得られている。

一方、携帯電話やラップトップ型のパーソナルコンピュータなど、持ち運び可能な機器の場合には、使用者の仕事や趣味においてのその機器使用の仕方によって、家庭内での配置場所が決まってくると言える。携帯電話の充電は、そのような機器のメンテナンスに関することであるが、各参加者が携帯電話をどのように使用しているかが、充電の仕方にも影響していることは明らかであろう。なお、充電に代表される電源を確保することは電化製品にとって死活問題であることは将来も同じであろう。

以上のことは、ゴミ捨て行動を事例として示したように、日常生活における情報通信機器の使用実態を、複数のエージェントが多様なメディアを介して情報をやり取りする情報生態システムとして捉えることによって、その実態の意味がより鮮明になるといえよう。情報通信機器の使用実態を観察するほどに、人々がその使用の現場毎に、別のメディアを使用して、情報通信機器をより各自にとって使いやすいものにしている状況が見えてくる。

2.　日常生活への新しい情報通信機器の導入実験

まず、本実験で採用した「ここメモ」についてまとめておく。「ここメモ」は「私が今ここで」発見したり知った情報に基づいてコミュニケーションすることを最大の特徴としているが、日常生活においては、このような時空間に制約されないコミュニケーションをも支援することができることが分かった。将来のユビキタス情報社会においても、このような時間と空間という人間にとって本質的な制約をうまく利用するために、システムや機器をデザインする必要があるということであろう。

本実験の結果を、より一般的にまとめておく。実態調査の結論と基本的には同じことであるが、日常生活に新しい情報通信機器が導入された場合、その影響は単独で捉えることができず、人のライフスタイルのあり方や、その新しい機器と類似した機能を持つ他の機器との関係や、その機器を使用する他の人々との関係において決まってくるということである。

人が新しい情報通信機器を購入する理由はさまざまであろうが、今までにはない機能を求めて購入するということは最も基本的なことであろう。したがって、その機能が、その人の日常生活にとって重大な意味を持つか否かによって、その機器

の使用のされ方も違ってくる。また、単に新しい機能を持っているだけでなく、使いやすい機器でないと使用されにくくなることも確かである。本実験の参加者の内、40～50 代主婦からは、「主婦は忙しい」という感想をもらったが、限られた時間内でも簡単に操作することのできる機器をデザインすることは本当に求められている。

しかし、本実験で全参加者が示したように、新しい機器に、人は、さまざまな工夫や仕掛けを作り、それを他人と共有して、新しい機器を使用し続けようとする。このことは実験という手法の限界というよりも、人間の持つ本質と捉えるべきであろう。

3. ガイドラインについて

本小項目で策定されたガイドラインは、すでに、従来の情報通信機器の設計ガイドラインとしても取り上げられてきたといえる。将来のユビキタス情報社会におけるシステムインタフェースは、現在以上に、日常生活の文脈に密接に関連し、人々の個人差に対応しなければならない。よって、このガイドラインで上げられた項目の重要度も、従来以上に増しているということは、あらためて強調しておきたい。

## ■引用文献

1. 高橋秀明・山本博樹：「メディア心理学入門」，学文社，（2002）
2. Nardi, B. A. and O'Day, V. L.：「Information Ecologies: Using Technology with Heart」, The MIT Press, （1999）
3. 野島久雄・原田悦子：「<家の中>を認知科学する　変わる家族・モノ・学び・技術」，新曜社，（2003）
4. 無藤隆・やまだようこ・南博文・麻生武・サトウタツヤ：「質的心理学　創造的に活用するコツ」，新曜社, (2004)
5. 海保博之・原田悦子:「プロトコル分析入門　発話データから何を読むか」，新曜社, (1993)

## ■成果の発表

### 原著論文による発表

国内誌（国内英文誌を含む）

該当なし

国外誌

該当なし

### 原著論文以外による発表（レビュー等）

国内誌（国内英文誌を含む）

1. 高橋秀明, 黒須正明：「日常生活における情報通信機器の(再)配置のありよう」,日本認知心理学会第 2 回大会発表論文集,94, (2004)
2. 高橋秀明, 黒須正明：「日常生活における情報通信機器の利用実態:電源を確保すること」,日本認知科学会第 21 回大会発表論文集,350-351, (2004)
3. 高橋秀明, 黒須正明：「日常生活における情報通信機器の利用実態:研究の意義と目的」,日本心理学会第 68 回大会発表論文集,1187, (2004)
4. 高橋秀明, 黒須正明：「日常生活における情報通信機器の利用実態:ながら作業について」,日本教育心理学会第 46 回総会発表論文集,166, (2004)

国外誌

1. Takahashi, H. and Kurosu, M.：「Information ecology of human everyday action.」,Proceedings of 8th European Workshop on Ecological Psychology, Verona, Italy,104, (2004)

## 口頭発表

### 招待講演

該当なし

### 応募･主催講演等

該当なし

## 特許等出願等

該当なし

## 受賞等

該当なし

## 2.3. ユビキタス情報社会に対するユニバーサルデザイン的研究

株式会社ユーディット
関根　千佳、榊原　直樹、今井　朝子

### ■要　約

来るべきユビキタス情報社会において、多くの人がその恩恵を受けるために必要な技術やシステムとは何か？　我々はコミュニティの基本である自治体と、そこに住む市民とのやり取りがどのように行われているかに注目し調査を行った。調査から、自治体からは市民のニーズが見えにくく、市民側からは日常の不便さをどこに尋ねればよいか分からないというすれ違いがあることが分かった。この様な問題を解決するために、利用者からのメッセージを GIS マップ上に展開し地理的なつながりを可視化するシステムを提案し、実証実験を行った。一連の調査から得られた知見から、将来の情報システムのあるべき姿について近未来の市民の生活を描いたシナリオを作成し、それらの問題点を検討した。またその結果をユニバーサルデザインの 7 原則に基づいて分類し、ガイドラインの形でまとめた。

### ■目　的

本研究では、ユニバーサルデザインの観点から、多様なユーザに対するユビキタス情報社会のあり方を検討し、ガイドライン策定を行う。

### ■研究方法

本研究では、市民一人ひとりに恩恵をもたらすユビキタス情報技術の使い方を探るために、次のような研究方法をとった。まず、市民の生の声をヒアリングによって集め、問題点を分析し、それを解決する手段を提案した。次に、提案に基づいてプロトタイプシステムを制作し、その効果を実験により確認した。更に、市民の声や実験結果から、理想とするユビキタス情報技術の使い方をシナリオの形で提案した。ヒアリング、実験、シナリオの執筆によって、異なる側面からユビキタス情報技術がもたらすであろう問題が明らかとなってきたため、それを防ぐためにユビキタス情報技術に対するユニバーサルデザインガイドラインを作成した。

### ■研究成果

研究を始めるにあたって、各研究者のこれまでの知見をもとに多様なユーザに対するユビキタス情報社会のあり方を検討した。ここでは生活の基になるコミュニティの中、特に自治体と住民との間で行われるコミュニケーションに注目して問題点を考察した。現状では自治体と住民とのやり取り（GtoC）手段として従来までの窓口や広報誌に加えて e メールや Web サイトの活用も始まっているが、それらが有効に活用されていないのではないかとの仮説を立案した。

1. 自治体および住民ヒアリング

当初の仮説を検証するために様々な自治体や住民グループに対してヒアリング調査を行った。自治体は地域性や規模が異なるように選定し、その中から、メーリングリストや掲示板などITを用いた先進的な取り組みを積極に行っているものを選んだ。住民グループは町おこしや NPO 活動などに IT を活用して活発にコミュニケーションを進めているものを選定した。図 1 に訪問した自治体および住民の居住地域および訪問日を示す。

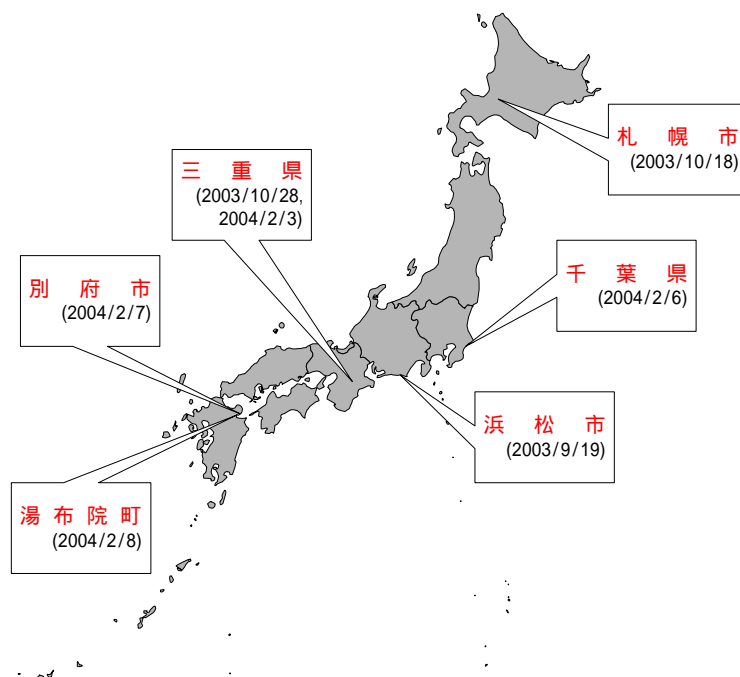



**図-1　自治体および住民ヒアリングの実施地域**

1.1.　浜松市役所

(1)　訪問日：平成 14 年 9 月 19 日

(2)　取り組み内容と特徴

浜松市が行う情報提供サービスは、市民からの様々な問い合わせに対してワンストップサービスで対応しようという試みである。ワンストップの方法には、対面や電話などの従来からの方法に加え電話コールセンターや Web サイト・メールなどがある。それらに加え訪問などの方法も検討している。このような手段を含めて、寄せられた問い合わせを全体的にどのように統合していくか具体的な情報提供サービスを構想している。

(3)　調査結果

住民に対し、できる限り「適切な情報」を提供しようとする担当者の苦労が伝わってきた。市民のニーズを中心とし、そこへよりよい情報提供を行うことが自治体の使命と考える担当部局の姿勢から来るものである。しかし、それを行うためには、自治体内の組織の改変、意識改革などとともに、さまざまな形式で入ってくる市民の声を蓄積し、多角的に把握できるデータベースの必要性を感じる。地域の GIS 情報などとともに、声のありかや共有すべき範囲なども同時に提供できる仕組みも要るだろう。

1.2.　札幌市役所

(1)　訪問日：平成 14 年 10 月 18 日

(2)　取り組み内容と特徴

情報共有のシステムとして市政提案コーナーに来たメール、紙、電話、FAX、ネットアンケートは、セキュリティやプライバシーに配慮しながら、関連する全職員が閲覧できるような仕組みを作成した。単なる情報共有ではなくナレッジマネジメントを進めるため、1 つの問い合わせ先ですべての情報がわかるワンナンバーのシステムを進めている。データベースを作り CRM という観点で一つの体系的なシステムになるよう取り組みを始めている。市役所のサイトでは行政情報だけではなく地域情報も必要だが、札幌市のような規模の大きな自治体では、行政の立場から民間情報をどう載せていくかが、非常に大きな問題となる。自治体をも包含した地域のポータルサイトが別に必要となり「サッポロ・フューチャー・スクウェア」を作成した。現在は NPO 法人「シビックメディア」により運用される「WebCity さっぽろ」がその流れをくむ。

実験的に町作りと子育てと都市交通に関して電子会議室を開設していたが、書き込まれる質問に対して1つの課では対処できず、内部の連絡会議室も同時に動かしたことがあった。

(3) 調査結果

市役所の担当者が個人名で対応するうちに市民の共感を得て、行政と市民が話し合う場としてネットが活性化した例である。また、行政と市民の間に、その双方をわかる人材が NPO として介在し、互いの意見を調整していった意味は大きい。だがここでも、市民の質問や声に対し、広報･広聴のどこがどう答え、それをどうやってデータベース化し、次の質問をよりよいものにできるかという課題に対して、苦慮しているのがわかった。

1.3. 三重県庁 総合企画局

(1) 訪問日:平成 14 年 10 月 28 日

(2) 取り組み内容と特徴

三重県庁では平成 14 年度から e-デモクラシー推進グループを中心に、インターネット上の電子掲示板によって県民との対話の試みを始めた。ネット上で県民の要望をすくい上げ、県政に反映することを目標に活動している。掲示板に書き込まれた意見は、グループの担当者が目を通し、内容に応じてはそれぞれの担当部署に転送し、回答を求める。

(3) 調査結果

e-デモ会議室は、多くの話題と課題を提供している。ここでは、その最前線にいる担当者の本音が聞けた。これまで距離のあった市民と行政の関係を問い直し、どんな情報提供が市民にとって最適か、市民はどのように行政と意見交換をすべきか、双方が悩みながら試行錯誤しているのが理解できた。

今後の課題としては、市民の声を受け取ってデータベース化するシステムと、その回答をどこが行うべきか、責任のある処理を行なえる部署はどこなのか、明確にできるシステムの構築であると思われる。また、電子会議室の司会者である e-エディターの発掘と育成も大きな課題であろう。

1.4. 三重県庁 生活部

(1) 訪問日:平成 15 年 2 月 3 日

(2) 取り組み内容と特徴

生活部 NPO チームは、県民と県内の NPO との間を取り持っている。市民の視点に立ち、NPO の活動を支援している。

(3) 調査結果

市民視点での e-デモ会議室の評価を聞くことができた。政策を評価する NPO がいるということ自体、マニフェストを標榜する三重県らしい試みである。行政が用意した掲示板では、原発などナーバスな問題はやはり書きにくく、敷居が高いと感じていることがわかった。むしろ、クローズドな ML のほうが思ったことが書けるため、使い分けが必要である。しかしいずれにせよ、寄せられた膨大な情報の再編集が課題である。

1.5. 別府市民グループ

(1) 訪問日:平成 15 年 2 月 7 日

(2) 取り組み内容と特徴

温泉町としての別府の活性化を目的として、メーリングリストによる意見交換が活発に行われている。地域活性化のための話題を話し合うメーリングリストであり、メンバーは非常に地元に密着したローカルな話題について日々メーリングリストで意見を交換している。メーリングリストのメンバーはメールでの活動だけではなく、直接あってのコミュニケーションも重要視している。会合の為のサロンのような場所が自然とできており、不定期にオフ会(コンピュータを介さない実際に会う会合)が開かれている。メーリングリストには市外に住む人たちも参加している。過去にメーリングリストで話題になった内容が「別府八湯辞書」としてインターネット上にまとめてあり、そのメーリングリストを実際に読んでいなかった人も後から内容を参照することができる。参加者は実名で投稿することが原則になっている。

(3) 調査結果

本事例のように、行政を動かす力のある個人が、行政なにするものぞという気概のもとに集まって、町興しをしているネットは、今後増えていくものと思われる。別に行政と対立しているわけではないが、行政は邪魔をしなければよいという態度は、

本来の「自治」そのものである。自ら治められる部分は自らが治め、それでどうしても足りない部分を行政が行なえばよいという考え方である。こういう人々がネット上で、かつ顔の見える関係をもって、日々、地域をよくするために語り合っているというのは、21 世紀型の住民自治のあり方を示唆するものである。

システム的には、別府八湯辞書のような「ML と Webの連携」の仕組みを、人の目を介在させた上で、簡単に行なえる方法があれば、有用な情報だけを選別し、公開し、共有するものになれると考えられる。ML 活性化のノウハウなどは、かつてのコミュニティ復活を思わせるものがある。最後は人材が重要であるという点では他の事例と同じである。

1.6. 湯布院町民有志

(1) 訪問日：平成 15 年 2 月 8 日

(2) 取り組み内容と特徴

湯布院町では 70 年代から観光を中心にした町興しに活動を行っていた。温泉と宿の質の向上のために、コミュニティの中での知識・経験の共有が図られ。それが街のオリジナリティにつながっていった。集客のために音楽祭などのイベントを行っている。それらの情報はマスコミ以外にインターネットを使って広報されている。個々の宿のリピータでなく湯布院町のリピータを増やすという統一した方針がある。

(3) 調査結果

湯布院のように小さい町では、関係者は常に会っているので、連絡をとりあう方法がかならずしもネットでなくてもいい。若い方は携帯メールも多い。コミュニティ活性化のツールというより、世界に広がる顧客との窓口としてインターネットを活用しているという印象が強い。湯布院という、情報発信力の非常に大きな場所ならではの、グローバルな感覚であるともいえる。

本事例の場合、行政はほとんど口を出さず、世界的なカリスマであり地域のリーダーである情報発信者たちに、できるだけ自由に発言していただく、という姿勢に徹していた。町長だけでなく、いくつもの枠を超えて知事や大臣にも直接話せるパイプを持つ、力のある個人が集まる場においては、中央集権的な行政組織は機能せず、むしろ、ネットワークの中での集合体として、必要なときだけネットを道具として使うという行動形式が現れるのかもしれない。

このような場合、システム側で、どんなサポートが必要なのか、提案できるものは少ない。なぜならば、すでに大きな力をもつ個人に対しては、エンパワーメントの道具であるITはあまり必要が無い可能性があるからである。しかし、そういった先人たちのたどった道を伝えるという点で、そのまちの発展の歴史などをデジタルアーカイブで伝えることは可能であると思われる。

2. 「ここメモ」モニターテスト

2.1 自治体・住民ヒアリング結果の分析

前記ヒアリング結果から、現在の自治体と住民の間では次のような問題を抱えていることが明らかとなった。

(1) 情報を共有するためのシステムに関する問題

自治体と住民とで情報を共有するための手段に関する研究や情報が不足しているため、それらの間で情報の共有が円滑に行われていない。そのため、ヒアリングでは、自治体は下記のような様々な情報交換の手段を試し、情報共有改善のための努力を行っていた。

- 対面（市役所での対応、訪問）
- 電話（窓口での対応）
- FAX
- 手紙
- Web サイト(Geographic Information System：地理情報システム、メール、電子掲示板、電子会議室など)
- メールなど

しかし、理想的な方法がわかっていないため、住民が自分の居住地域を改善したいという気持ちを持ち、改善に貢献できる情報を持っていても、その情報を十分に生かすことができていない。

(2) 情報を処理するためのシステムに関する問題

寄せられた情報を統合し、整理し、住民に効果的に伝える方法に関する研究や情報が不足している。

(3) 情報を活用する組織の問題

自治体、住民グループ、NPO など、異なる団体はどのように協調して動けばよいのかが模索の過程にある。

2.2 モニターテスト実施の背景

より多くの住民が居住地域の改善に貢献できるようにするために、まずは「情報を共有するためのシステムに関する問題」を解決する。次に、そのシステムを使って得られた「情報の処理を行う問題」の解決、そして、「情報を活用する組織に関する問題」を解決する。特に、ユビキタス情報社会では、今までにない様々な情報共有手段が可能となり選択肢の幅が広がるため、住民参加に適した「情報共有の手段」を研究する必要がある。そこで、本研究では「情報共有の手段」に着目して、日立製作所デザイン本部ですでにコンセプトプロトタイプとして考案していた「ここメモ」を GPS 携帯電話をベースとした体験可能なプロトタイプシステムとして開発しこれを活用することで住民の情報発信行動を観察することとした。

自治体・住民ヒアリングの結果、住民の情報発信行動は生活に密着した場合が多いことがわかった。例えば、「あの角にあるカーブミラーが壊れているという情報を市役所に伝えたい」あるいは「ここの場所のゴミ出しの状態を伝えたい」というものが代表例で、特定の場所に結びついた情報を伝える場合が多い。「ここメモ」はこのような情報共有に有効に機能するのではないかという仮説を立案した。なお「ここメモ」の仕様については「2.4. ユビキタス情報社会に対するインタフェースデザイン的研究」で詳述しているので割愛する。

2.3 モニターテストの基本方針

ユビキタス情報社会であってもユーザが操作する情報機器は、健常者に加えて、障害者／高齢者、児童など全ての人が使えるものである必要がある。すなわち、ユニバーサルデザインになっている必要がある。そこで、「ここメモ」を健常者に加えて障害者／高齢者、児童に実際に使ってもらい情報発信行動の観察を行うこととした。モニターテストの実施場所はそれぞれ、静岡県浜松市、岐阜県高山市、岩手県「いわて子どもの森」である。

2.4 健常者を対象としたモニターテスト

(1) 日時：平成 15 年 9 月 23 日、平成 16 年 11 月 22 日
(2) 場所：静岡県浜松市
(3) 参加者：浜松市在住の 9～10 名(20 代～50 代)
(4) 内容：

浜松市街において「行政による街の紹介」というテーマで、浜松市在住の住民とこれから浜松市に引っ越して来ようと下見に来た人が「ここメモ」の地図画面を介して円滑に情報交換できるかどうかを観察した。その結果ほとんどの人が各々の特徴を生かした情報提供を行えることが確認できた。例として、屋上にある公園に関する一連のメモを図 2 に示す。普段、車イス利用者と行動をよく共にする在住者から、「この屋上公園へ向かうスロープは、実際に車イスで登るには急すぎる」という情報が寄せられた。次に、「この屋上公園では、コンサートが開かれます」という、公園で開かれるイベントが、先のメッセージに付加され、更にこのメモに「この公園にある階段は境目が見えにくくて危ない」という情報が付加されていた。この 3 つのメッセージは同じ屋上公園に関するものであるが、3 つとも少しずつ視点が異なっている。また、車イス利用者、あるいは、車椅子利用者と行動を共にしている人にしかわからない実際の問題の情報が得られた点は重要な「ここメモ」のもたらす効果であると考えられる。通常、健常者の家族に子供が生まれると、最初は乳母車で通れる道筋や、乳母車と共に入れるトイレに関する情報を持ってない。しかし、この例のように車イス利用者が、既に持っている情報を公開することによって、多くの乳母車利用者は大きなメリットを得ることが可能となる。このように、ここメモを使うことによって、全ての人が自分の情報を使って助け合うことが可能になると考えられる。

**図－2　屋上公園の位置を示す地図と、同じ公園に対する異なる視点での投稿の例**

2.5.　障害者／高齢者を対象としたモニターテスト
(1)　日時：平成 16 年 2 月 10 日、平成 16 年 11 月 12 日
(2)　場所：岐阜県高山市
(3)　参加者：聴覚障害者 1 名、下肢障害者 2 名、外国人 1 名、高齢者 1 名など
(4)　内容：

高山では「地元民による観光案内」というテーマで地元の人と観光客の「ここメモ」によるコミュニケーションを観察した。観光客役は本サブテーマ担当者が務め、高山在住の方をモニターとした。入ってみて良かった店やおいしい店の情報、地元の人はよく知っている変わった形をした石や最近流行っている食べ物の情報、歴史などに関する情報が発信された。また、ホラー映画のもとになった施設の情報など、時流に乗った話題なども寄せられた。こうした、当たり障りのない情報が地図に貼り付けらたが、実験後のインタビューからその土地に住む人の利害にからむような微妙な話は対面で伝えられていたことがわかった。このことから、情報を公開する範囲を限定する機能や、公開の情報共有から個人ベースの情報共有に切り替える機能などを検討する必要があることがわかった。また、聴覚障害者のモニターからは手話通訳士や聴覚障害者など、同じ問題意識を持つ人と「ここメモ」を使いたいという意見が寄せられた。このことから、「ここメモ」は同じ問題意識を持つ人々を結びつける手段になれる可能性があることがわかった。モニターには聴覚障害者も車イス利用者も居たが、ある程度携帯電話の操作に慣れた方が多かったため特に情報発信が困難な状況には陥らなかった。更に視覚障害者にも使えるようにするためには、音声読み上げ機能を付け加える必要がある。また、せっかく人と一緒にいる時にはここメモを使ってメモを貼るよりも、対面で話したいという意見が多かったことから、ここメモは離散的な個人同士の情報交換に向いているシステムであることがわかった。例えば、情報の提供は一人で散歩をしていたり、人を待っている合間などに行い、情報を得る際には一人で散策する際に使ったり、代表者が「ここメモ」を持ち、集団をガイドする際に有効に活用できると考えられる。また、観光地の広告をはりつけたり、観光会社などとの提携を通してシステムの運用資金を得ることによって、実用化への道が開け、多くの人の意見を地方の活性化や改善に反映可能であると考えられる。

2.6　児童を対象としたモニターテスト
(1)　日時：平成 16 年 10 月 17 日
(2)　場所：岩手県二戸郡一戸町「いわて子どもの森」
(3)　参加者：小学 6 年生 7 名(男子 2、女子 5)
(4)　内容：

「いわて子どもの森」では「自然観察」というテーマで小学生が「ここメモ」を使った場合の観察を行った。個々の児童は携帯電話を使ったことがなかった(学校で禁止されているとのこと)。3 名と 4 名のグループに分かれて森の中を歩いた。携帯電話を普段使用していないため操作に手間取るケースが多く、また物珍しさのため「ここメモ」のテストよりは携帯電話の諸機能に関心が向かう場合が多々あった。しかし個人差は見られたものの、ほとんどの児童が発見物を写真に収め、テキストを

入力して地図にはりつけて情報を共有することができた。人前ではあまり話さない児童が積極的に観察結果を記入するという傾向も見られた。

2.7 モニターテストのまとめ

●地図に写真と文字情報をつけるという情報共有の方法は、話題を具体的にし、情報を的確に使うことを可能にすることがわかった。
●一般の健常者に加えて障害者、高齢者、児童であっても利用可能であった。
●地図を介したコミュニケーションは伝える情報が具体的であるため理解しやすいことを確認した。
●情報発信の際の操作は煩雑であるものの現場で即座に発信できるため、短時間に多くの情報が地図に付加され情報共有が活発になった。
●共有可能な情報が増えたため、情報の整理や検索の問題が、次に解決すべき問題として浮上してきた。
●携帯電話画面サイズが小さいことや文字の大きさが小さいことが高齢者の間では問題となった。

3. ユビキタス情報社会のライフスタイルシナリオ

3.1 シナリオの背景と狙い

市民の意思決定方法のヒアリングや、モニターテストなどを通じて、生活の場におけるさまざまなユビキタス情報環境と、個々人のニーズに合わせたユニバーサルな携帯端末が連動する未来社会の姿が次第に明らかとなってきた。ヒアリングやモニターテストで、繰り返し伝えられてきたのは、「ユビキタス情報社会が実際にどのようなものになるのか、自分の生活がどのようなものになるのか、具体的なイメージが沸かない」という市民やユーザ側の意見であった。あまり科学情報に触れる機会の少ない一般市民は、未来社会のイメージング手段をテレビ番組や SF 映画などから得ることが多い。少数の科学番組や大手企業が作成した 2010 年のイメージビデオなど、いくつかの明るい未来社会を予見させるものも存在はしている。だが大半のSF映画などは、特にこの数年間、衛星やICタグ、小型カメラなどを国家権力が悪用する完全監視体制や、ロボットやサイボーグの反乱など暗い未来を予見させるテーマが増えてきており、ユビキタス情報社会に生きるということへの具体的なイメージング手段が少ないということがわかってきた。

3.2 シナリオの概要

こうした、未来への具体的なイメージの不足という問題を解決する手段として、ライフスタイルシナリオ「スローなユビキタスライフ」を作成した。これは、2010 年ごろのとある地方都市を舞台に、そこへ移住を決意した老夫婦とその家族、友人の親子、町のセラピストやエンジニアたちの生活を描いたものである。この中では、住民のコンセンサスメーキングや地域通貨による活性化、観光客を含む多くの市民によって形成される知恵やノウハウの集積、そのような地域インフラシステムを可能にするユニバーサルな端末とアプリケーションの概要を、最小限の専門用語を使って説明した。当然ながらシナリオの構成要素にはヒアリングやモニターテストで得られた知見が多数盛り込まれている。

3.3 シナリオのもたらす効果

シナリオの読者は、この中で使われている携帯端末が、どのような形であるか、またどのような仕組みで動いているのかを、余り深く考えなくとも内容が理解できるようになっている。単に、それが、どのような状況で、どのような役割を果たすのか、自分が困ったときにはどのように助けてくれるのか、その機器やシステムが、自分に提供してくれる機能やサービスがどのようなものであるのかだけを記述している。そのため普段気づかないでいる課題に対しても、小説の形で表されるさまざまな人物像に共感したり感情移入するうちに、その課題をどのように科学技術や人間の知恵で解決できるかに対し、喜んだり悲しんだりしながら、未来社会のイメージを頭の中に組み立てていくことができる。シナリオを、モニターテストや「やおよろずフォーラム」の参加者に配布したところ、「これまで漠然とした不安をもっていたユビキタス情報社会について、市民側の望む未来像を自分でイメージ化し、それを実現してもらうよう技術者側に働きかけることが重要である」という反応が得られた。

### 3.4 システム設計手法としてのシナリオ化の意義

ユニバーサルデザインの観点でシステムを設計する際にシナリオ化の手法を用いると、多様なユーザ層を一度に登場させてそれぞれの役割を持たせることができ、設計開発者に多様なペルソナを意識させることが容易になる。たとえば、シナリオの中では、75歳の老婦人にもさりげなく支援を行う携帯端末が、4歳の子どもが使うときにはその状態を感知して画面のユーザインターフェースがオンデマンドで切り替わる機能を見せている。今後のユビキタス情報社会を考える上で、このような多様なユーザによって相互に構築されていく未来社会を、技術者側に知らせるという効果もシナリオ化の意義と考えられる。シナリオ化の意義を以下にまとめる。

① 工学研究者の協力により、科学技術の成果をわかりやすくシナリオ化することで、一般市民も興味と関心をもてるような未来社会への展望を伝えることができる。

② 一般市民がシナリオに対してコメントすることで、技術を持つ側に望ましい未来社会とそこで必要とされる機器やシステムを伝えることができる。

③ 状況に応じて多様なユーザ層を登場させうることにより、技術者に多様なユーザのペルソナをわかりやすく理解させることが可能になる。

## 4. ユニバーサルデザインの観点からの技術ガイドライン

ユニバーサルデザインでは、様々な人にとって、できる限り利用可能であるように、製品、建物、環境をデザインする。より多くの人がユビキタス情報社会で豊かな生活を送ることができるようにするためには、ユビキタス情報技術もユニバーサルデザインの視点で設計する必要がある「引用文献 1.」。ユニバーサルデザインには建築家や工業デザイナー、技術者、環境デザイン研究者などからなるグループが、協力しあってまとめたユニバーサルデザインの 7 原則がある「引用文献 2.」。これは、環境、製品、コミュニケーションなどを含めて、デザインがかかわる幅広い分野での方向性を明確にしており、既存のデザインの評価や、デザイン・プロセスの方向づけに使えるだけでなく、使いやすい製品や環境とはどうあるべきかを、デザイナーのみならず消費者を啓蒙するためにも活用されている原則である。ユビキタス情報技術にもこのようなガイドラインが必要であると考えられる。そこで、ヒアリング、実験、未来社会のシナリオを分析した結果を踏まえて、ユニバーサルデザインの7原則をユビキタス情報技術に当てはめたガイドラインを作成した。(表 1)

**表-1　ユビキタス情報技術に対するUDガイドライン**

| 原則 | 内容 | 例 |
|---|---|---|
| 原則1：<br>誰にでも公平に利用できること | ・誰もが安心して利用できること。<br>・ユビキタス情報技術が提供するサービスを、誰もが利用可能であること。<br>・サービスの拒否も含めて、利用者が自分の望むサービスを受けられること。 | ・児童や高齢者など、ユーザの特性に合わせて操作手順や機能を簡便にできること。 |
| 原則2：<br>使う上で自由度が高いこと | ・入力手段は、支援技術や、利用者が使い慣れている手段など、利用者が望んだ手段を選択できるようにすること。<br>・操作画面は、利用者の状態に合わせて提示が可能であること。 | ・地図や文字が小さくて見にくい時には、利用者に合った大きさに拡大できること。<br>・屋外で見にくい場合には、環境に合わせて画面の輝度などを調整可能であること。 |
| 原則3：<br>使い方が簡単ですぐわかること | ・暗黙のうちに、利用者の個人情報を取得しないこと。<br>・利用者の質問に答えるサービスがあること。 | ・個人情報が取得される場合には、事前に利用者に知らせること。<br>・単体の機器だけでなく、その利用方法についても提案するサービスがあること。 |
| 原則4：<br>必要な情報がすぐに理解できること。 | ・使用状況や、使う人の視覚、聴覚などの感覚能力に関係なく、サービスの存在が効果的に伝わるように作られていること。<br>・周囲の環境やユーザの能力に応じて、適切な情報提示が行われること。 | ・情報が提供されている場合には、その存在がわかるようにすること。 |
| 原則5：<br>うっかりミスや危険につながらないデザインであること。 | ・ついうっかりしたり、意図しない行動が、危険や思わぬ結果につながらないように作られていること。<br>・個人情報を扱うときには、その取り扱いに関して説明すること。 | ・悪意がある内容を投稿しようとした場合には、その影響を本人に知らせるエージェントを提供すること。<br>・操作ミスの可能性がある場合には、通知する機能を持つこと。 |
| 原則6：<br>無理な姿勢をとることなく、少ない力でも楽に使用できること。 | ・効率よく、気持ちよく、疲れないで使えるようにすること。<br>・システムが、利用者の姿勢や特性に合わせられるようにすること。 | ・ユーザが疲れた場合には、操作を中断し、後で再開できるようにすること。 |
| 原則7：<br>アクセスしやすいスペースと大きさを確保すること。 | ・どんな体格や姿勢、移動能力の人にも、アクセスしやすく、操作がしやすいスペースや大きさにすること。 | ・端末の存在を、触覚、音声、視覚情報などで知らす機能を持つこと |

ここで提案するガイドラインとは、ユビキタス情報社会の中で人々が快適に暮らせるようにするための指針のことである。そのため、ヒアリングや実証実験から得られた人々の抱えている問題を整理し、その問題を解決するようにガイドラインを作成した。ユビキタス技術によって、これまで目に見える形だった端末は姿を消し、サービスや情報の存在に気付きにくくなる。特に、このことが不利益にならないように、配慮しなければならない点を、従来のユニバーサルデザイン7原則に書き加えることにした。更に、センサ技術や小型化技術が進むと、従来の技術では難しかった詳細なカスタマイズが可能となるため、この点に関する配慮も追記した。

## ■考　察

本研究では、一般市民の意見の把握に重点を置きながら、ユビキタス情報技術を見つめなおし、一般市民の視点に立ってシステムを提案・設計・制作し、実証実験を行った。こうした活動を通して、多くの人がユビキタス情報技術の将来の利用方法に関して具体的なイメージを作れていないこと、また、これに対して期待と不安を抱いていることがわかった。そして、一般の人の意見を分析することによって、新しい技術の方向性やシステムへのアイディアが生まれることを、プロトタイプシステムの制作、評価実験によって実証した。今後は、高齢化が進み、生活に深くかかわる技術が次々と登場することを考えると、こうした一般市民の声を研究や技術開発に取り入れるための取り組みは、ますます重要になっていくと考えている。より多くの人の声を、技術開発に反映できるようにするためにも、人間や社会に関する知見を持った文科系の研究者と、技術に関する知見を持った科学技術系の研究者とが連携して研究を行う必要がある。「スローなユビキタスライフ」は文理融合のあるべき姿を考えるための一つの手段として執筆した。小説という形式は、人は何のために生きるのか、何のために学生は学ばなければならないのか、命の大切さをどう伝えるか、人を愛することとは何か、科学者は社会とどのように向き合うべきなのか、などの、さまざまな問いかけに対する回答をわかりやすく示すことができるからである。この中に書かれている、未来のあるべき社会では、技術が中心ではない。あくまで、キーになるのは、人間である。技術はそれを支援するために多大な貢献をする。だが、いつのまにか、技術は次第に透明になっていく。ユビキタス情報技術は人々の生活や思いの中に、シームレスに溶け込んでいって、空気のように自然に息づくべきなのである。人間中心設計やユニバーサルデザインのサンプルとして、この「スローなユビキタスライフ」の示す未来社会は、Mark Weiser が夢見た Calm Technology の一つのモデルとなりうることを願っている「引用文献　3. および 4.」。

## ■引用文献

1. 関根千佳:「「誰でも社会」へ」, 岩波書店, (2002)
2. Center for Universal Design at North Carolina State University:「7 Principles of Universal Design」, http://www.design.ncsu.edu:8120/cud/univ_design/princ_overview.htm, （日本語訳）ユニバーサルデザイン7原則, http://www.udit.jp/ud/ud_7rules.html
3. Mark Weiser：「The Computer for the Twenty-First Century」, Scientific American, September, （1991）
4. Mark Weiser, John Seely Brown ：「Designing Calm Technology」, PowerGrid Journal, v 1.01, （1996）

## ■成果の発表

### 原著論文による発表

国内誌（国内英文誌を含む）

該当なし

国外誌

該当なし

### 原著論文以外による発表（レビュー等）

国内誌（国内英文誌を含む）

該当なし

国外誌

1. Naoki Sakakibara, Takeshi Hoshino ：「System design and preliminary experiments on supporting senior citizens and people with disabilities using a cellular phone with GPS and a browser」, Proceeding of CSUN, 2004,

(2004)

2. Tomoko Imai, Naoki Sakakibara, Chika Sekine, Hoshino Takeshi ：「A handheld map annotation system for sharing accessibility information in communities」, Proceeding of CSUN, 2005, (2005)
3. Tomoko Imai, Naoki Sakakibara, Chika Sekine, Takeshi Hoshino, Yukinobu Maruyama, Junji Nakata, Masaaki Kurosu, Hideaki Takahashi：「Sharing accessibility information using a mobile phone with GPS and a camera」, Proceeding of HCI, 2005, (2005)

## 口頭発表

招待講演

1. Chika Sekine：「A Day of Media and Technology Access.」, Designing for the 21st Century III , Rio de Janeiro, Brazil., 2004.12.7-12
2. 関根千佳：「情報のユニバーサルデザインとユビキタス社会」, 立命館大学特別講演, 2004.11.17
3. 関根千佳：「おせっかいなシステムにならないために」, CEATEC 講演会（東京）基調講演とパネルディスカッション, 2004.10.5

応募・主催講演等

1. 榊原直樹：「ユビキタス情報社会のライフスタイルデザインに関する研究」, 東京, やおよろずフォーラム 2004, 2004.2.20
2. 今井朝子：「ユビキタス情報社会のライフスタイルデザインに関する研究」, 東京, やおよろずフォーラム 2005, 2005.1.20

## 特許等出願等

該当なし

## 受賞等

該当なし

2. ユビキタス情報化社会のライフスタイルデザインに関する研究

## 2.4. ユビキタス情報社会に対するインタフェースデザイン的研究

株式会社日立製作所デザイン本部
星野　剛史、丸山　幸伸

株式会社日立製作所システム開発研究所
中田　順二

### ■要　約

ユビキタス情報社会のライフスタイルをユーザインターフェースの立場から検討するために、自治体を対象としたインタビュー調査のレビューや対面会議とネット会議の対比による仮想住民集会実験などを行い、自治体と市民のコミュニケーションを活性化させるアプリケーションのプロトタイピングを行った。これらの検討と体験可能なプロトタイプの作成を繰り返すことにより、ユビキタス情報社会において生活に密着した形で利用される携帯端末のデザインを三種類提案した。また、ユビキタス情報社会の仮説をユニバーサルデザインの視点から表現したユーザシナリオについて、より多くの方にわかりやすく伝達するイラストを完成させた。

### ■目　的

来るべきユビキタス情報社会において、IT が人々の生活に溶け込み有意義に活用されるためには、利用者が現在過ごしている情報生活環境における不満や問題点を把握し、それに対する解決策を提示するような研究が必要である。本研究では、現時点での情報社会の利用状況を的確に把握し、ユビキタス情報化社会に対する要求仕様を明確にするために、ユーザ使用シーンを具体的に描き出し、将来的にそこで活用されるべきシステムとサービスのコンセプトをユーザインターフェースの視点から考案し、実際に体験可能なプロトタイプの作成を目的とする。さらに、それらの提案の内容と導入効果が誰にもわかりやすく伝えられるよう、イラストなどの手段により可視化することも研究目的の大きな項目である。

### ■研究方法

「2.1.ユビキタス情報社会に対するユーザ工学的研究」で説明されている ISO13407 で規定された「人間中心設計」のプロセスに準拠した活動を大きな流れとして推進した。まずユーザ査により利用の状況の把握を行いユーザニーズを把握。そこから生活イメージを作り利用者と組織の要求事項を明らかにする。明らかにした要求事項を実現するツールや技術のプロトタイプを作成することにより解決案の作成を行い、次に実証実験を行うことにより要求事項に対する評価を行う。これを一つのループとして、複数のループを回すことにより精度の高い要求仕様、あるいは具体的な提案を生み出すことができるものと考えた。

具体的には本サブテーマ、すなわち「2.ユビキタス情報化社会のライフスタイルデザインの研究」担当者全体で図 1 に示す①～⑬の項目を実施した。中でも図中の②③⑤⑧⑪⑫⑬は日立製作所デザイン本部が主体となって実施した。その他の項目は支援組織として参加した。

まず、“①自治体職員および市民からの情報利用に関するインタビュー調査“により、自治体と市民との相互の情報伝達の問題点や課題を把握した。そこで得られた気づきから、”②ネットによる合意形成プロセス調査“、と”③イラストやアニメーションを用いたサービスデザインイメージ作成“を行い、仮説の構築とアイディアの可視化を行った。作成したアプリケーショ

ンイメージを活用して”④サービスデザインイメージに関する市民からのインタビュー調査“を行い、その仮説を検証し、新たな課題とアイディアが生まれた。

一方、③と並行して進めた“⑤GPS 携帯を活用した情報発信ツール「ここメモ」の開発”では、単なるサービスデザインイメージだけに留まらず、体験可能なプロトタイプシステムを開発した。これを活用して“⑥「ここメモ」を使った街歩き実験による情報発信状況の観察”と、“⑦「ここメモ」の用途や使い勝手に関する市民からのインタビュー調査”を実施することで、新たな課題と「ここメモ」に対する改善要求が明確になった。その改善点から要求仕様を作成し直し、“⑧コミュニケーション機能を強化した「ここメモ 2」の開発”を行った。そして、再度“⑨「ここメモ 2」を使った街歩き実験による情報発信状況の観察”と“⑩「ここメモ 2」の用途や使い勝手に関する市民からのインタビュー調査”により、検証を行った。

さらに本研究における他のサブテーマ担当者との文理融合的効果を狙い、“⑪研究担当者の描く未来像を引き出す Cross Culture Workshop”を実施した。そこで技術とユーザ点の融合から生まれたアイディアを盛り込んだ“⑫温泉地を舞台とした近未来のライフスタイルシナリオ作成”が行われ、最後に“⑬シナリオを補完するイメージイラストと端末イメージの作成”を行った

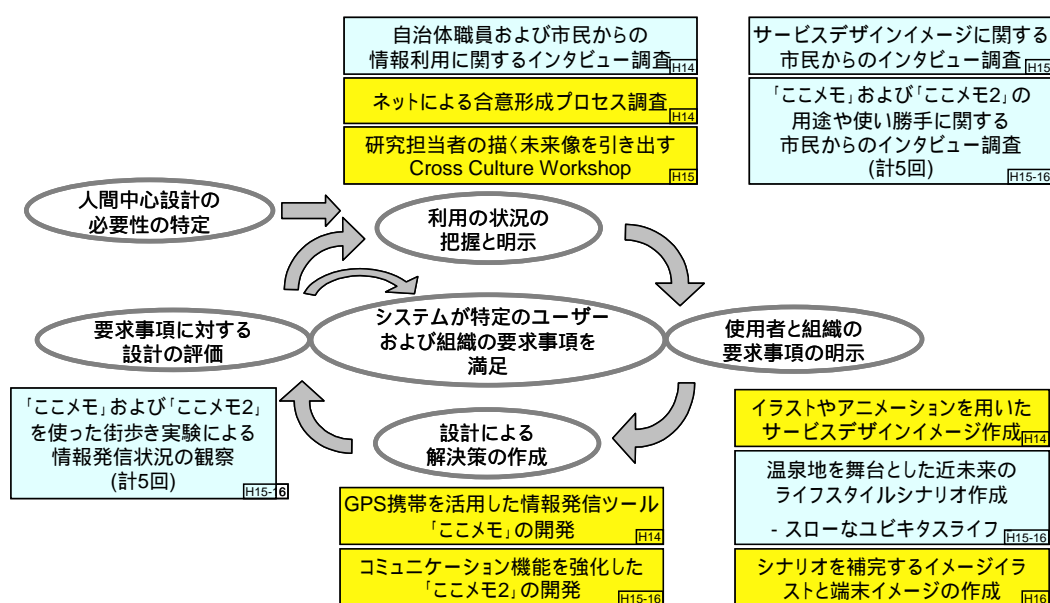



**図-1 インタフェースデザイン的研究の実施概要**

## ■研究成果

以下では日立製作所デザイン本部が主体となって実施した項目に関する成果を必要に応じてその他の項目と関連づけながら説明する。

1. ネットによる合意形成プロセス調査

(1) 調査の目的

パソコンや携帯電話を使った情報利用実態の把握のため自治体の IT 担当者や住民のインタビューを行った。その結果、これらの機器の利用は進んでいるものの機器を利用したコミュニケーションという点では特に「合意形成」のプロセスに課題があることがわかった。具体的には、一般に電子会議室と呼ばれるインターネット上の掲示板システムでは議論が発散傾向にあり、個々の自治体の施策に関する議論はなされるもののなかなか合意を見ないというものである。この傾向は自治体や住民を問わずに見られたため、ネットを利用したコミュニケーションそのものに合意形成を妨げる要因があるのではないかとの仮説を持つに至った。この仮説を確認するために一般市民を対象として、ネット上あるいはリアルなディスカッションを通じてどのようにして合意形成に成功するのか、あるいは失敗するのかを観察することを目的とした調査を行った。

(2) 調査の方法

いくつかの年齢層、性別に分けた参加者を募集し、仮想的な市民集会を、ネット上あるいは対面で実施してもらった。実際には、これらの人々は全く異なる自治体に属するものであるが、仮想的に同一の自治体に属するという前提でその属する自治体への要望書をまとめてもらうことをタスクとして与えた。

(3) 調査結果概要

予想通りネット上での議論は発散し、容易に要望書をまとめることはできなかったが、合意形成プロセス解明のヒントとなる事項として次の二点を発見した。いずれもリアルな会議の場所には普通に備わっているものであるがネットでの討論で合意形成を図る場合は意図的にこれらを用意する必要があると予想される。

●視覚的ターゲットの共有

60 代の男性を対象としたリアルなグループディスカッションによる調査で見られた現象であるが、それまでテーブルを挟んで議論していたときは全く意見がまとまる雰囲気がなかったのが、大きな紙に要望書の様式を書いて壁に張り出した瞬間に、一致協力して要望書をまとめようとし始めた。協力して解決すべき課題についての意識的な合意形成を行う前に、視覚的な演出によって課題の共通化を図る手法があり得るのでないかと考えられる。

●討論時間の共有

20～30 代の有職主婦を対象とした電子掲示板によるディスカッションで見られた現象であるが、グループで要望書を作成しなければならなくなった直後はぱったりと会話が途絶えた。しばらくして、グループメンバーが自発的に電子掲示板でなくチャットなどのリアルタイムコミュニケーション手段を用いた議論を開始し、要望書をまとめあげた。これは、ある課題がグループの共通課題であるという認識を持つのに時間がかかる、電子掲示板の状態がグループメンバー全体の気持ちを支配する、合意形成のためには、どこかでリアルタイムコミュニケーションメディアの利用が必要となる、などのヒントではないかと考えられる。

2. サービスデザインイメージの作成と評価

自治体・市民インタビューや合意形成調査結果などを参考に、地域の活性化やまちづくりに有用と思われるアプリーションの画面イメージを複数デザインした。さらに一般市民を対象としてこれらのアプリケーションに対するインタビューを行った。

2.1. アプリケーションイメージのデザイン

自分が住んでいるまちに対してどのようなプロセスを経て愛着が湧くのか、それを「ハレ」と「ケ」の視点から説明したものが図 2 である。参加するフェーズから育てるフェーズへの発展、それをサポートするアプリケーション群が求められているという仮説に立脚してアイディア出しを行った結果が図 3 である。

図-2 街づくりの視点

図-3 アプリケーションアイディアの位置づけ

図 3 内のアプリケーションについて以下画面イメージとともに説明する。

(1) アクティブタウンマガジン

携帯端末と地図を用いたインタフェースで、現在のまちの状況(例えば、水道管が破裂しているなど)をリアルタイムに反映して、目的地までナビゲーションする。現在のまちのイベント(例えば桜が見頃であるなど)も反映。

**図-4 アクティブタウンマガジン**

(2) グリーンシチズン

ボランティア活動でたまったポイントをまちの緑化に使用できる制度の提案。単にお金や意見を出させるのでなく、実際のボランティア活動との連動がポイント。

**図-5 グリーンシチズン**

(3) アゴラネット

市民会議室での議論内容と状態を分子モデルのメタファーで表現することによる情報の要約と可視化。まちの今の話題を知らせる。

**図-6 アゴラネット**

(4) シチズンカレンダー

家庭の鏡や冷蔵庫の扉上をイメージした、家庭と自治体や学校、家族をつなぐ情報端末およびサービス。自治体や学校からのお知らせ、家族間の連絡事項をワンストップ化。

**図-7 シチズンカレンダー**

(5) スポットメモリー

位置情報に過去のイベントに関する写真や情報を貼り付けておき、当該位置付近を再度訪れた場合に呼び出す。位置に貼り付けた記憶。

**図-8 スポットメモリー**

(6) スポットフォン

現在の携帯電話のように Person to Person でなく、固定電話のように Point to Point の接続を行う携帯端末。指定した場所の付近にいる誰かと会話できる。

**図-9 スポットフォン**

2.2. アプリケーションイメージに対する市民へのインタビュー

作成したアプリケーションイメージを対象として一般市民へのインタビュー調査を実施した。一般市民は後述する「ここメモ」のフィールド実験参加者と同一で、浜松と高山の2箇所、合計12名に行った。結果として(3)の「アゴラネット」が最も参加者の関心をひいた。既存のテキストベースの電子掲示板システムは直感的に内容がわかりにくいということに対する不満が多いことが原因と予想される。

3. GPS 携帯電話を活用した情報発信ツール「ここメモ」の開発と評価

以下では記述を簡潔にするために「ここメモ」と「ここメモ 2」を区別せずに説明する。実際には図 1 で示したループを経て個々の仕様が確立している点に留意されたい。

3.1. 「ここメモ」の開発

(1) 開発の背景

自治体の IT 担当者や住民に対するインタビューでは、情報利用のあり方として「場所を特定した具体的な情報に関する情報共有がスムースに行われている」という状況も明らかとなった。そこでさらに一歩進んで、普及著しいカメラ付き携帯電話に GPS 機能を内蔵したものを情報発信端末として活用するツールを開発し、一般市民の情報利用傾向を観察することとした。

(2) 「ここメモ」とは

「ここメモ」とは、日常生活の中で気になったこと、例えば花壇にきれいな花が咲いていて他の人にも伝えたい、公園の施設でちょっとした不具合を見つけて他の人に知らせたい、といった時に、携帯電話のカメラでそれらを撮影し、GPS で測位した位置と一緒に添付してシステムのアドレスにメールを送ることによって、みんなで情報を共有できるようにしたツールである。ある場所に残した「メモ」を「ここ」に来る他の人に伝えたい、そういう意図を含んだネーミングである。システムの概要を図 10 に示す。

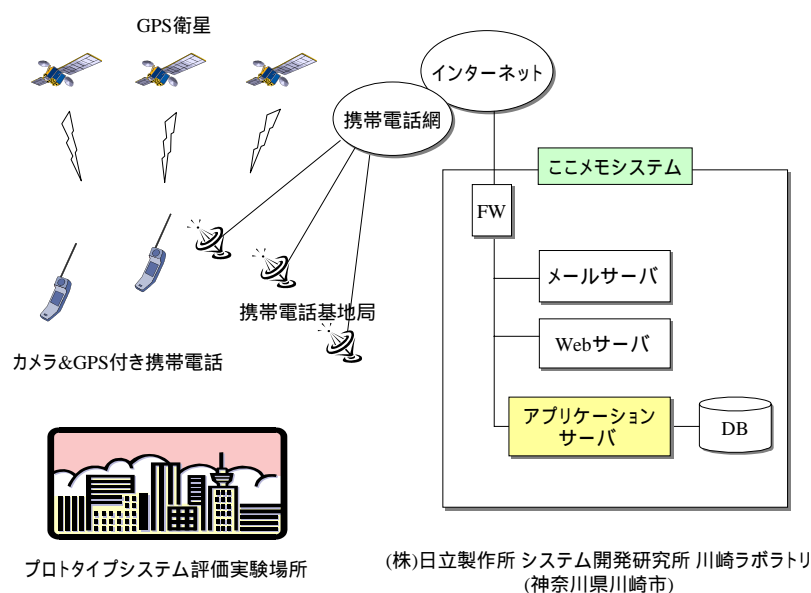



図-10 「ここメモ」のシステム概要

「ここメモ」は、ユーザ持つ携帯電話とサーバシステムにより構成される。サーバは携帯電話と電子メールを送受信するメールサーバ、携帯電話からアクセスできる Web サーバ、メールサーバからメールを読み出し所定の処理を行うアプリケーションサーバにより構成される。

図 11 に「ここメモ」の利用フローを示す。ユーザメモを貼り付けたい時に、携帯電話のカメラで対象物を撮影し、同時に GPS 機能で現在地の緯度経度を測位する。電子メールにそれらを添付し、さらにユーザコメントを付けた上で、あらかじめ決めておいたメールアドレスに送信する。ここまで1分程度の時間で行うことができる。アプリケーションサーバは定期的にメ

ールサーバー上のメールボックスを確認し、メールサーバーにメールが到着していた場合はメールを読み出してデータベースにデータを格納する。メールにはGPS機能で測位した緯度経度情報が含まれているのでこれをもとに地図上の該当する位置にメモのアイコンを追加した携帯電話用Webページを自動的に作成する。作成したWebページのURLを携帯電話にメールとして返信する。ユーザ、メールに書かれたURLからそのWebページにアクセスすることができるので、地図上に自分が発信したメモのアイコンを確認することができる。(自分のメモだけでなく、表示範囲以内にある他のメモも同時に見ることができる。また、メール送信から受信までの時間は、設定にもよるが1～2分程度である。)。さらにそのアイコンを選択すると送信した映像とコメントをWebページとして見ることができる。

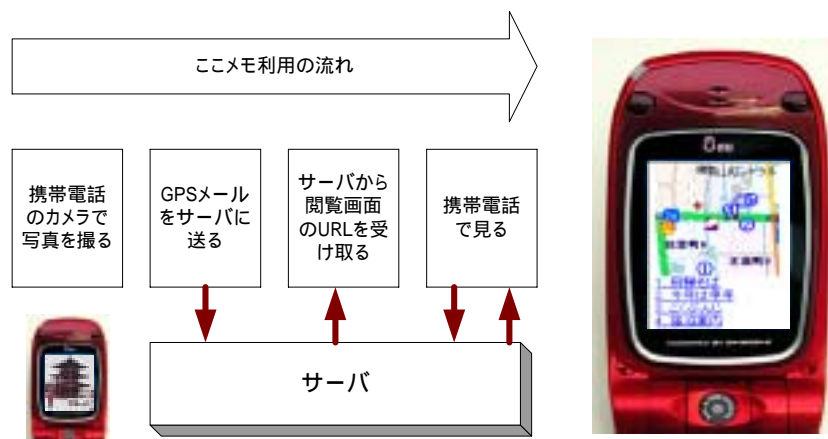



**図-11 「ここメモ」の利用フロー(ルートメモ登録の場合)**

図 12 は「ここメモ」の画面例である。地図画面には携帯端末周辺の地図と表示されている地図範囲内に登録されているメモのタイトルがハイパーリンクの形で表示されている。個々のハイパーリンクを選択してボタンを押すとルートメモの画面が表示される。ルートメモの画面には撮影された写真、撮影した写真に関するタイトル、撮影日時、撮影した写真に関する撮影者のコメント、撮影したメモの有効期限、撮影したメモに対する他の人の評価などが表示される。

ルートメモに対しては返信メモあるいは関連メモを作成することができる。返信メモとはルートメモの内容に対して他の人がテキストでコメントを加えたい場合に利用する。図 12 の例ではルートメモの画面を下の方向にスクロールしていくと返信メモの内容が表示される様を表している。返信メモは携帯電話に内蔵された Web ブラウザで作成･登録する。返信メモの作成時はルートメモの内容に対する評価点をつけることができる。図 12 の例ではルートメモに対して 1 件の返信メモがあり評価点が 3.0 であることを表している。

**図-12 「ここメモ」の画面例**

関連メモとはルートメモの内容に関してさらに写真付きでコメントを加えたい場合に利用する。図 11 の例ではルートメモで示されたスロープを登りきった後の様子が関連メモの写真として表示されている。関連メモは位置情報をサーバに送らない点を除けばルートメモとほぼ同様で、携帯電話からサーバへの登録はメールで行う。返信メモのようにルートメモに対する評価点をつける機能はない。

3.2. 「ここメモ」の評価

「ここメモ」の評価については「2.3. ユビキタス情報社会に対するユニバーサルデザイン的研究」で説明したように、一般市民を対象としたフィールド実験とインタビュー調査を実施した。これらの実験および調査では図 9 で示した構成のサーバシステムの構築と運用を行った。

4. 「Cross Culture Workshop」の実施

研究参加者相互の融合を企図して各サブテーマを担当する比較的若手の研究者を中心としたワークショップを企画・実施した。本研究の主題の一つとして「文理融合」が挙げられていることによるものである。

(1) 概要

2003 年 9 月 18 日に日立製作所デザイン本部(東京都港区)にて実施した。約 30 名の参加があった。アプリケーションシナリオの創出を目的とし、参加者を 3 つのグループに分けて終日討論を行った。プライバシーに関する関心が高く、コンテキストアウェアとの折り合いをどうつけるかなどで活発な議論がなされた。

(2) 成果

以下のニーズを柱とするアプリケーションシナリオが創出された。これらは後述するライフススタイルシナリオに反映されている。いずれもプライバシーとコミュニケーションがテーマになっているとも言える。

●急に困ったときにすぐ近くにいる誰かにボランティアをお願いできる仕組みが欲しい。
●美しい風景や美味しい食べ物など、日々の感動をその場で簡単に残す仕組みが欲しい。
●いろいろな人の評価をもとにある人が信頼できる人か否かを判定できる仕組みが欲しい。

5. ライフスタイルシナリオの可視化と携帯端末デザインの提案

「2.3. ユビキタス情報社会に対するユニバーサルデザイン的研究」を担当している株式会社ユーディットを中心としてライフスタイルシナリオ「スローなユビキタスライフ」の作成を行った。ライフスタイルシナリオの作成にあたっては、自治体・住民インタビューやネットによる合意形成プロセス調査で得られた知見、「ここメモ」に対する一般市民の感想、「Cross Culture Workshop」で創出されたアプリケーションシナリオなど様々な要素を反映するよう考慮されている。日立製作所デザイン本部はライフスタイルシナリオをイラストとして可視化することによる利用シーンの具体化と、具体化された利用シーンから導き出される携帯端末のデザイン提案を行った。

5.1. ライフスタイルシナリオの可視化

「スローなユビキタスライフ」の特徴は、1)多様な技術と人々の思いを織り込んだ、全三章(約八万字)からなる長編シナリオ、2)人々のつながりを支援するサービスやシステムの在り方について提案、3)情報の使われ方と、取り巻く人の気持ちを繊細に描写し、ユビキタス社会におけるプライバシーなどの課題を示唆、などである。このシナリオにはかなり技術的に高度な内容まで含まれているため一般の方に内容を理解して頂く、あるいは利用シーンの妥当性を検証する上での可視化は不可欠である。図 13 および図 14 に可視化した成果の一端を示す。

図-13　ライフスタイルシナリオを可視化したイラスト(1)

図-14　ライフスタイルシナリオを可視化したイラスト(2)

5.2. 携帯端末のデザイン提案

シナリオの中で重要な役割を果たす携帯情報端末「ルイカ」の機能は、携帯電話、メール受発信、インターネットブラウジングの他、様々な機能の実現が想定されている。当然、使う人の身体的特性や使いたい機能の選択などにより様々なデザインと、ユーザインターフェースのバリエーションが考えられる。持つ人が好んで使え、自然に持ち歩くことのできる形態も重要である。「ルイカ」の機能仕様と形態可能性について検討した結果を表1に示す。

**表-1 「ルイカ」の形態可能性**

| 「ルイカ」の機能仕様 | 「ルイカ」の形態可能性 |
|---|---|
| ・無線通話(携帯電話) | ・携帯電話型 4 |
| ・メール機能(携帯メール) | ・PDA型 0 |
| ・ﾎｰﾑﾍﾟｰｼﾞ作成・閲覧機能 | ・女性であればｺﾝﾊﾟｸﾄ 1 |
| ・商品に付けられた認識タグの読み取り | ・腕時計 4 |
| ・ホログラフィ(AR・過去風景・ｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ) | ・指輪 2 |
| ・GPS(ｼﾞｬｲﾛ・加速度ｾﾝｻｰ) | ・めがね型 4 |
| ・カメラ | ・ヘッドセット型 3 |
| ・3次元スキャナー(CGデータを起こす) | ・ウエストポーチ 2 |
| ・画像認識・検索、(文字認識) | ・ペン型 2 |
| ・音声認識・読み上げ機能 | ・ペンダント 1 |
| ・ここメモ機能 | ・かつら(付け髭) 0 |
| ・こっちナビ機能 | ・靴 0 |
| ・へーボタン(評価ボタン) | ・帽子、ﾍﾙﾒｯﾄ、はちまき 3 |
| ・テレビ | ・服 2 |
| ・PIM(スケジュールなど) | ・杖 3 |
| ・ATMとの連携(UD系) | ・かばん 1 |
| ・電子財布機能(電子マネー・地域通貨) | ・犬、鳥 3 |
| ・指紋・声紋・虹彩認識 | ・だっこちゃん、ぬいぐるみ 3 |

表1での検討結果をもとに「ルイカ」のデザインプロトタイプを三種類作成した。その目的は、シナリオの中では抽象的に描かれている「ルイカ」のデザインプロトタイプを作成することにより、シナリオで描かれている機能と使用効果をよりわかりやすく伝えることにある。3つのアイディアはそれぞれシナリオ中の登場人物を思い描いてデザインを行った。

(1) 「ルイカ1」

・コンパクトな筐体に"ちょボラ""ここメモ""PDA"機能が搭載されたシンプル端末

**(一般向けに使っていただけるデザインを目指したモデル)**

この町で頻繁に使われる地図、ナビゲーション機能をサポートしたベーシック端末。シンプル、且つコンパクトで誰にでも親しまれるデザイン。折りたたみでありながら継ぎ目のないシート液晶を想定。カメラ機能はレンズカバーをあけることで起動、また本体が閉じているときにちょボラランプが着信し本体および円形サブ液晶をあけると、メイン画面にはGIS地図、リクエスト内容詳細、地図が表示され、サブ液晶には方位磁石がでるのでボランティアの目的地まで方角に迷うことなく到着できる。(図15)

**(a)外観(閉じた状態)** **(b)外観(利用時)** **(c)使用シーン**

**図-15 「ルイカ1」(一般向け端末)**

(2) 「ルイカ 2」

・町のコミュニティ老人をITでサポートする端末

**(**主に春さん用に考えたモデルで、イメージは印籠**)**

かつて薬入れとして使われた印籠を、高齢者サポートのメタファーとしてデザインに応用。主な使い勝手は、三種類に絞られた基本機能を、そろばんのようなスライダーノブを使ってをタンジブルに切り替える。また、高齢者ならではの緊急通報的な手助けリクエストのためのワンボタンコールスイッチをストラップ先端に装備している。(図 16)

**(a)外観(PDA として利用)**　**(b)外観(カメラとして利用)**　**(c)使用シーン**

**図-16 「ルイカ 2」 (サポートを要するお年寄り向け)**

(3) 「ルイカ 3」

・IT素人シニアが段階的に使いこなしていける端末

**(**主に公平さん用に考えたモデル**)**

書道、水墨画に使いそうな洗練された大人の道具としての格調、風合いを持つ外観と、アクティブに活動するシニアが使うためにペン入力をサポート。持ち運び時は丸めて、使用時は大画面にするため巻きつけシート液晶を想定。開いたときの画面は、ジャバラ状の棒壁面同士が接するので、片手で本体をホールドしてもペーパーディスプレイが裏返ることなく安定したペン、およびタッチ入力が行える。「ルイカ 2」同様、手助けリクエストのためのワンボタンコールスイッチをストラップ先端に装備している。(図 17)

**(a)外観(閉じた状態)**　**(b)外観(利用時)**　**(c)使用シーン**

**図-17 「ルイカ 3」 (IT シニア向け)**

## ■考　察

本研究を実施して得られた研究成果を三つの観点から整理して述べる。

1. 文理融合型研究のアプローチ

インタビューを元にした仮説構築、仮説を可視化あるいは体験可能化するプロトタイプの作成、さらにそれらプロトタイプを用いたインタビューを短期間に複数回実施することができた。これはもちろんデザイナー単独ではできず、インタビュー専門の研究者だけでもなし得ないことである。デザイナーとインタビュアー以外にも実証実験をアレンジする者、システムコンセプトを具現化しさらに稼動可能にする開発者の協力があってはじめてISO13407で規定された「人間中心設計」のプロセスは円滑に進めることができる。何かを形にする者、形を社会に問う者を少人数でプロジェクトとして配置することが特に文理融合型研究では肝要である。

2. ネット社会への市民参加方法

自治体・住民インタビューや「ここメモ」の実証実験を通じての市民の共通した感想は「まだまだ情報機器は使いにくい」という点である。それは最大公約数的な多機能端末に開発者の関心が向いている限り永遠に解決できない課題であると考える。本研究の成果として三種類の端末を提案した。特に、高齢者向けに二種類の端末を提案している点に特筆すべき点があると考える。従来の高齢者向け端末は使いやすさだけを追求してしばしば単機能に陥りがちであった。しかし、高齢者にも様々な意向の人がいることを今後の開発では当然のこととして進めるべきである。シナリオを通して参加のあり方について意見を伺うこともまた重要であろう。

3. ユビキタス情報社会での情報共有のあり方

ユビキタス情報社会というと「なんだか怖い」という感想を持たれる一般市民の方が多数いたが、同時に「ここメモ」のような情報発信ツールは積極的に利用していた。すなわち人々はコミュニケーションそのものにはまだまだ飢えておりそれを満たしかつ安心して使えるシステムが欠けていることの証左と言える。匿名でも安心して情報発信と共有ができてさらに情報の信頼度や鮮度も維持される仕組みへのニーズが「ここメモ」のフィールド実験を通した感想である。

## ■引用文献

該当なし

## ■成果の発表

### 原著論文による発表

国内誌（国内英文誌を含む）

該当なし

国外誌

該当なし

### 原著論文以外による発表（レビュー等）

国内誌（国内英文誌を含む）

1. 中田順二：「「やおよろずプロジェクト」にて実施したGPS携帯活用街歩き実験のご紹介」, GISの普及促進セミナー　平成16年度第一回最新動向フォーラム　社会基盤としての GIS／電子地図と空間情報の利活用, 25-34, (2004)

国外誌

1. Naoki Sakakibara, Takeshi Hoshino ：「System design and preliminary experiments on supporting senior citizens and people with disabilities using a cellular phone with GPS and a browser」, Proceeding of CSUN, 2004, (2004)

## 口頭発表

招待講演

該当なし

応募･主催講演等

該当なし

## 特許等出願等

1. 2004.9.9, 「地図情報を表示するシステムおよび方法」, 中田順二, 日立製作所, 特願 2004-261773

## 受賞等

該当なし

3. ユビキタス情報システム構成に関する研究

## 3.1. 自律分散システム構成の主導原理に関する研究

東京大学大学院情報理工学系研究科
新　誠一

株式会社日立製作所システム開発研究所
佐々木　敏郎

### ■要　約

本研究では、自律分散システム構成に対しシステム理論やシステム技法が果たすべき主導原理の研究を行った。特に、技術と社会との関係の研究が主眼であることを踏まえ、家電ネットワークを対象とした人と機械の協調を中心に研究を進めた。

以上の結果を人と機械が作るユビキタス情報社会という目標に従い、技術的な導入のしやすさ、および人への親和性という観点から、可視化、モデル化、最適化というシステム原理、システム技法の重要性とともにその適用順序が重要であることが明らかになった。この知見を省エネという目的に適用することで、システム技法がユビキタス情報社会で果たすべき効果と役割を明確にした。

### ■目　的

ユビキタスという言葉は、神学用語である。神は全知全能であるから、どこにでも存在し、何でもできるという意味である。これは、小型端末とネットワークで作る現在の「ユビキタス情報社会」と概念が合わない。このことは、ユビキタスコンピューティングを提唱したマーク・ワイザーも気づいており、彼は Zen コンピューティングといいなおしている。複数の異なるものの対立の中から新たな知や財をつむぐことが目的であり、それを本プロジェクトではやおよろず（八百万）プロジェクトと呼んでいる。この新しい協調の世界の基本原理をシステム的に研究することが本研究の目的である。この目的を達成するために、やおよろずの概念を明確にする必要がある。そして、その概念をアルゴリズムという具体的な形で提示する必要がある。最後に、そのアルゴリズムを適用するシナリオを明確にする必要がある。

本研究の目的は、以上の概念、アルゴリズム、そしてシナリオを明確にすることである。具体的には、文理にわたり広範なサブチームやフォーラムなどの場における一般の方々との交流を通して概念を固めること、その概念をアルゴリズムとして具現化し、コンピュータ上での数値実験を通して動作を確認すること、そして、それらの成果をベースに 2010 年の情報化社会を実現するためのシナリオを作成することを目的とする。

### ■研究方法

本研究では、主に二つのアプローチでユビキタス情報社会における基本原理を探る。一つは、図-1 に示すネットワーク家電を想定し、省エネを目的とするシステム技法の開発を行い、その効果をシミュレーションで検証する。初年度は、各家電の消費エネルギーの測定手法と可視化手法の開発を行い。次年度は、シミュレーションを用いた予測および最適化手法を研究する。この最適化手法は集中的なものから「やおよろず」的な分散最適化までを研究対象にし、その効果と利便性を数値実験で確認する。最終年度は、それらの技法を「可視化、モデル化、最適化」という自律分散原理適用のシナリオとして整理するという手順で行う。

もう一つは、出自やベースが異なる各サブテーマのまとめ役という形で、やおよろずの基本原理を探るとともに実践する。こ

れは、システムのサブテーマ全体に課せられた役割であり、サブテーマ内の研究者たちと連携をとりながら、「対立が豊かな創造を生み出す」という基本原理を実践する。具体的には、ヒアリング、合宿、会議、フォーラム、電子メールなどを積極的に利用して、サブテーマ間の意志疎通を図り、相互理解を進める。その上で、共通認識と対立点を明確にし、基本原理探求のワンステップとする。その議論を踏まえて、サブテーマでシナリオを作成し、それを他のサブテーマやフォーラムやホームページを通して外部に公開し、フィードバックを得る。それらを整理して、2010 年の情報社会における基本原理を明確にする。

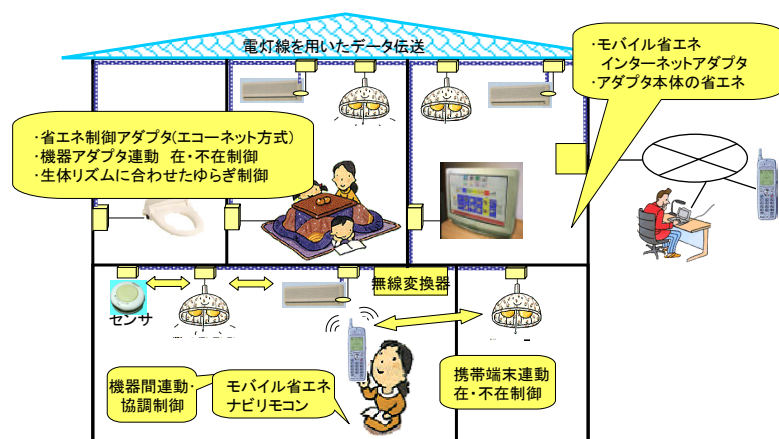



図-1　家電ネットワークシステム

## ■研究成果

以下、研究目的で示した家電ネットワークを例とした基本原理の探求と、本プロジェクトを対象とした基本原理の探求を分けて説明した後に、両者を総合した成果を述べる。

1. 家電システム

当初予定していた、ネットワーク家電を例にとった自律分散原理のシステム化という目的は、可視化(図-2)、モデル化(図-3)、最適化(図-4)というプロセス「引用文献 1.」として確立できた。このような手順を踏むことで、人に理解がしやすいとともに、システム技法としてもリスクが少ないことを確認した。同時に、最適化手法も集中から完全分散までの広いスペクトルで用意することで、個別の事情に応じた最適化が可能となる。2010 年の情報社会では、多様性を保持しながら全体としてのまとまりをとるという難しい課題のソリューションとして急速に進む情報技術を活用すべきである。

http://www.eccj.or.jp/navi/intro/n.html

図-2　可視化

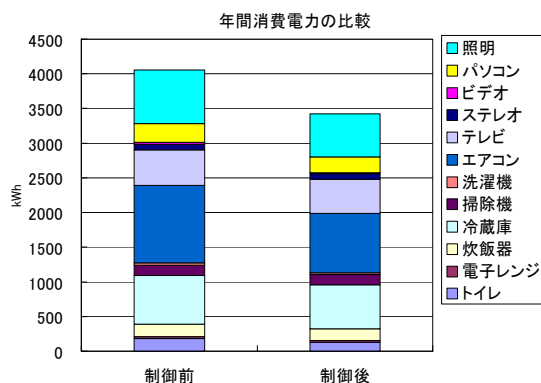



図-3　モデル化により得られたシミュレーション結果

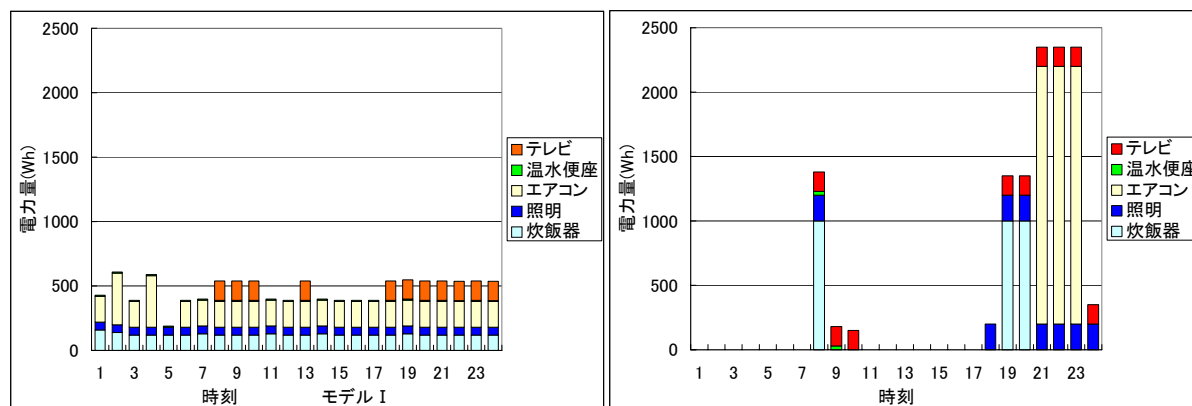



図-4 最適化結果

本研究の初年度は、家電のエネルギー消費量の可視化のためのシステム技術の開発を行った。消費電力量の測定は電力計という形で既に一般家庭で行われている。しかしながら、これは検針のための機械であり、屋外に通常設置されている。このため、家人は消費電力量を実時間で知ることはできない。そこで、(財)省エネルギーセンターを中心に、図-2 に示すような屋内での電力計を開発している。これにより、瞬時、瞬時の消費量が表示される。この機械は省エネナビと呼ばれており、省エネに効果的である。しかし、個別の家電の消費量が分からない。個別の家電の消費量を把握するには、ネットワークが効果的である。家電ごとに電力計を設置し、それをサーバなどに通知することで総電力量を求める仕組みである。もっとも、このようにするためには、ネットワークや個別の家電機器への電力系設置という投資が必要であり、それが普及の障害になりうる。このような観点から、個別の家電の特性が分かっている時に総電力量から個別の家電の消費エネルギーを求める仕組みを検討した。これは、数学モデルを用いて格子点を使って逆算する方式であり、その原理を図-5 に示す。また、推定結果を図-6 に示す。

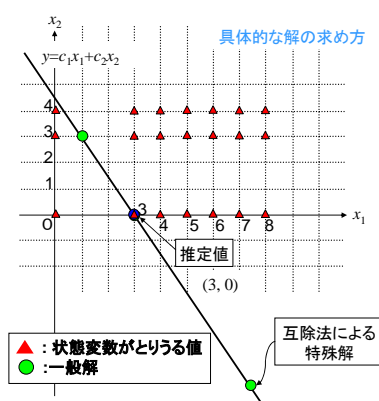
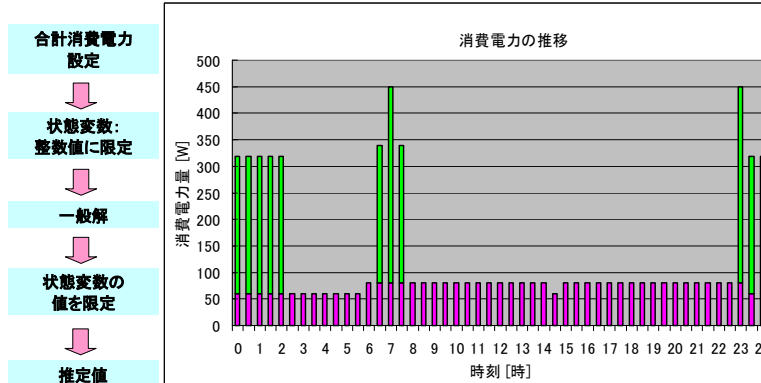



図-5 格子点を用いた個別家電の消費エネルギーの推定　　図-6 計算結果

このように数学モデルを用いることで観測値から、さらに情報を搾り出すことができる。続いて、この数学モデルを用いて、シミュレーションを行った。これは、ネットワークを通じて情報交換を行う際、メーカを越えた連携が必要となる。そのためには、疎結合による連携を実現する必要がある。我々は、在室、留守、睡眠という三つのモードだけを各家電で共通化する疎結合方式を考案した。在室とは、特定の部屋に人が居ることであり、留守は住居に誰も居ない状態である。睡眠は、住民が全て睡眠している場合に相当する。このようなモードはセキュリティシステムなどで実用化されているが、それを省エネに使うことを考えた。具体的には、赤外線センサや家人の設定により在室、留守、睡眠などの情報がネットワーク上に流される。そして、その情報を得た家電は、たとえば省エネ状態に遷移することを想定している。つまり、留守であれば冷蔵庫の庫内温度を設定値ぎりぎりまで上昇させることができる。睡眠の場合も同じである。誰かが開けることを考えると設定値よりマージンをとって冷却する必要がある。

このような弱い連携で、本当に効果があるか定かではない。そこで、シミュレーションで効果を確認した。シミュレーションに

あたっては、NHK が公表している生活パターンなどを踏まえ、現実に即したモデルを作成した。その結果、図-3 に示すような削減効果が得られた。ここでは、不在の部屋の照明やエアコンを省エネモードにするなどの住人の快適性を侵害しない前提で 15%以上の削減が可能であった。このシミュレーション結果により、三つのモードを軸とする疎結合の効果が測れた。

続いてスケジューリングを行った。これは、エアコンや炊飯器という大電力を消費する家電機器が、動作時間を融通することで契約電流を越えないようにするものである。たとえば、炊飯器が稼働する前にエアコンが十分、部屋を冷却し、炊飯器が稼働中はエアコンが停止するというものである。これをスケジューリングと呼んでいる。これは、人の快適性を維持しながら、省エネを図るという人と機械の協調を定式化するものである。先の疎結合とは違い、密結合と住民の利便性の低下も視野に入れた自動調整である。ここでの主眼は、結合の強さと省エネ、利便性の関連である。情報を集中するほど効果を上げ易いが、実現が難しい。逆に、実現が容易な疎結合では効果が限定される。そのトレードオフは技術面ではなく、社会環境に応じて変化する。技術面としては、社会が要求する複数の状況に応じた最適化手法を用意する役割がある。この観点から、まずは理想的な完全集中の場合の最適化をおさえた。これは、ユビキタス的な最適化である。つまり、一つのサーバに全ての情報を集約し、各家電機器にスケジュールどおり動作することを命令するシステムである。このときの、動作が図-4 の右側である。これが完全情報下における家電の動作であり、達成できる理想値である。次に、各家電が他の家電の動作状況を知らずに、個別にスケジューリングするという逆の極端における最適化問題を解いた。この結果を図-7 に示す。各家電がばらばらに動作し、電力制限がある場合には、とても適用できない。そこで、各家電が前日の動作状況を把握しているという条件のもとで、最適化問題を解いた結果が、図-4 の左側である。この図-4 で集中型と疎結合型を比べると、住民への利便性の低下は少なく、省エネ効果は向上することが分かる。これがやおよろず的な動作に対応する。なお、ここでは、これらの問題を図-8 に示すような線形計画の問題として扱った。

以上、観測、シミュレーション、最適化などのシステム技法を研究してきたが、この技法を適応する場合の順番も重要である。つまり、人に理解しやすい適用順序がある。この観点を最終年度で集中的に扱った。この結果が、最初に述べた可視化、モデル化、最適化という手順になる。なお、この手順の有効性については、別プロジェクトで行ったソフトウェア検証でも確認している。そこでは、構築されたソフトウェアと仕様書の対比を扱った。

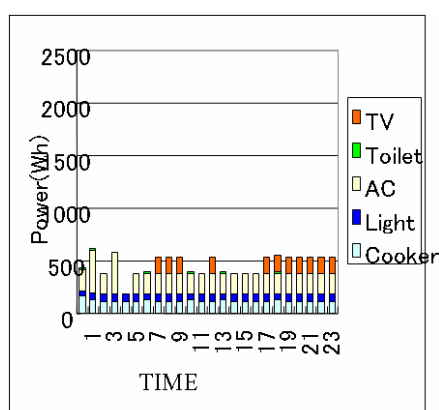



図-7 完全分散型最適化

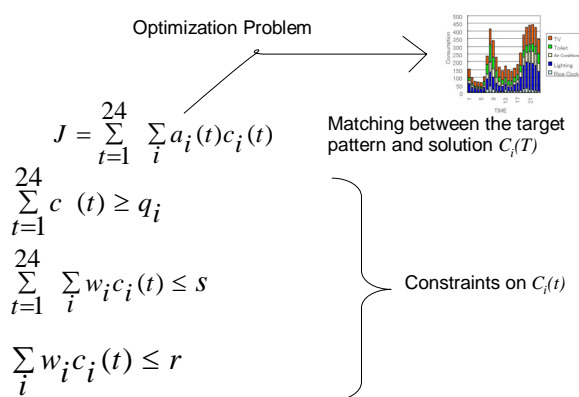



図-8 最適化問題

2．システム技法

もう一つのシステム技法の実践については、初年度ベクトルが合わなかった各サブテーマを同じ土俵に乗せることができた。そこでは、ヒアリングと翻訳が大きな役割を果たした。情報技術で言えば、情報の可視化に相当する。続いて、共通の土俵上での対立は、各サブテーマの課題を浮き彫りとした。その結果、技術面での解決課題、法律面での解決課題、設計面での解決課題をプロジェクト内で共有できた。これらの課題に対する、システム面からの回答をサブグループ内でシナリオとしてまとめた。そのシナリオをベースにやおよろずのコンセプトを明確にできた。家電を例にとったシステム技法で言えば、対立点の明確化がモデル化に相当し、シナリオが最適化に対応している。その意味で、プロジェクトの進め方と家電システムという異質な場においても、ここで明確にしたシステム技法適用のシナリオが有効であることが明らかになった。

以上の知見をもとに、ユビキタス情報社会の基盤となる情報技術を中心にユビキタス的なもの（集中型，図-9）とやおよろず的なもの（分権型，図-10）との対比を行った。ユビキタスはデファクト的な寡占化を目指す方向であり、やおよろずは相互接続性を目指す方向である。後者は、既に存在する規格を尊重し、それらの規格をつなぐという方向性である。具体的には図-11 に示す Web サービスが相当する。これは、内容を XML(extensible Markup Language)、通信規約に SOAP(Simple Object Access Protocol)、探索の UDDI(Universal Description、 Discovery、 and Integration)、そしてサービス記述に WSDL(Web Service Description Language)を用いるものである。これにより、Windows の PC も、Linux も、携帯電話も接続することができる。

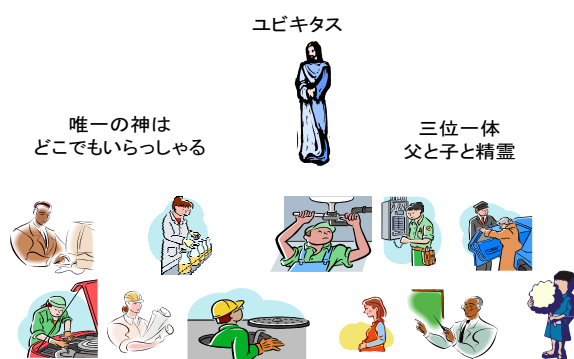



図-9 ユビキタスのイメージ　　図-10 やおよろずのイメージ

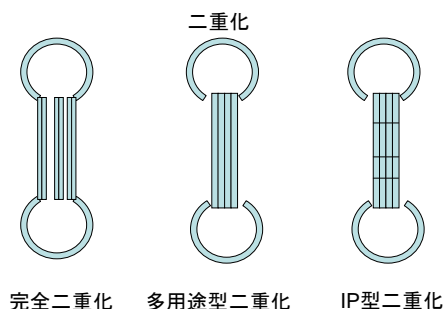



図-11 Web サービス　　図-12 二重化手法

次に、ネットワークで考えると、決して切断してはいけないと考える二重化がユビキタス的である。多くの耐故障システムが図-12 に示す完全二重化のネットワークを使っている。これは、3 本の伝送線があれば、それを全て二重化するものである。一方、やおよろず的なものとしてはインターネットが挙げられる。これは、ルータが故障を回避する経路を探すことが基本である。回避できるためには、常に別な選択肢を持つことが必要である。この観点に従えば、先の完全二重化に相当する耐故障性は、新たに一つの線を加えるだけですむ。その代わり、合計 4 本の線は、どれも他を代替できる多用途性を持つ必要がある。さらに、途中にルータを挟むと、実際にインターネットで使われているルーティングに近いネットワークが構築できる。これを IP 型と呼んでいるが、各ブロックに一つずつ、つまり、4 故障までの耐性がある。

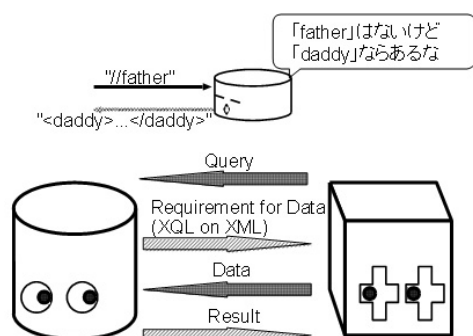



図-13 問い合わせで動くシステム

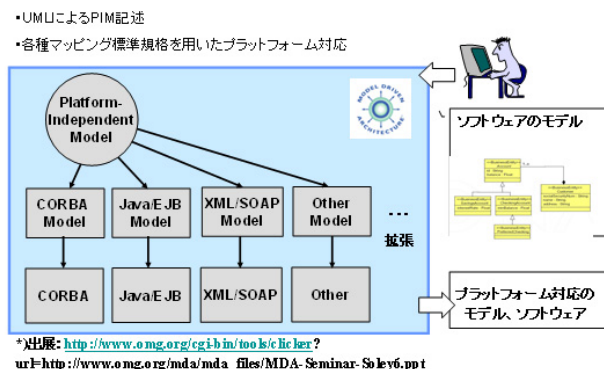



図-14 MDA によるプラットフォーム非依存化

さらに、ソフトウェアで考えると、現在は分割されたプログラムが中心的なソフト(メイン)から呼びさされて動作する。これは命令であり、各プログラムは命令が想定している範囲内の回答を迫られる。これはユビキタス的である。それに対し、Web を利用した検索では、想定外の検索結果が提示されることがある。実は、回答が想定できないから検索するというほうが実情にあっている。この観点に沿えば、命令でなく、問い合わせで動くシステムが必要であり、これがやおよろず的である(図-13)。

以上の考察のもと、一つの OS や開発言語、ネットワークなどのプラットフォームに縛られることはユビキタス的である。それに対し、作成した資産が複数のプラットフォームで活用できることがやおよろず的であるという結論がえられる。このような考え方を実践している物が、OMG(Object Managing Group)で進めている MDA(Model Driven Architecture)である(図-14)。ここでは、プラットフォームから切り離した作業を PIM(Platform Independent Model)として UML(Unified Modeling Language)で記述し、そこにプラットフォーム情報をプラットフォームモデルとして提供することで、プラットフォームに特化した PSM(Platform Specified Model)を提供するものである。

この MDA に基づいて、SDO(Super Distributed Object)を 2004 年に標準化した。Super の所以は、ソフトウェアだけを考えてきた Object の概念をハードウェアまで広げた点にある。同時に、やおよろず的動作を保証するために、アドホックな接続やオブジェクトの階層性、多義性の仕組みを取り入れている。この SDO の枠組みが、MID サブテーマの中心的な課題である拠点連携に使っていただいたことは、本プロジェクトの横断的な成果の一つである。

## ■考 察

本研究では、自律分散原理をシステム論的に捉えることを目的とした。当初は、システム技法そのもの研究を行っていたが、その技法を提供する技術者側およびそのシステムを使う消費者側の視点も重要であることを踏まえ、システム技法の適用順序を体系化する必要性を認識した。その結果、可視化、モデル化、最適化という順序でシステム技法を適用することで人に親和性が良いとともに、機械の制御にも有効であることが分かった。この原理は、家電ネットワーク以外にも、製造システム、ソフトウェア検証にも有効であることを確認した。しかし、本プロジェクトの他の研究には未適応である。

また、対立する原理から新しい知見を生み出すという本プロジェクトのやおよろず的実践について言えば、ようやく知見が生み出され始めたと言うべきである。各サブテーマが他のサブテーマの課題まで踏み込み始めた段階である。これは人間が関わる以上、必須な時間である。融合がユビキタス的であると、対立がやおよろずの出発点である。このような発想に基づくプロジェクトをさらに進める必要性が高いと考える。

一方、情報技術の世界では、ここで分類したように既にやおよろず的なものへの移行が始まっている。これは基本原理に基づいての移行というよりは、利便性や耐故障性という現実問題に押されて始まった移行と解釈すべきものである。そこに、本プロジェクトで総括されるやおよろずの基本原理を提供できることは、情報技術の変化の正しい方向性を提供するものであり、大きな意義があると考える。実際、本プロジェクト以前から標準化を進めてきた SDO が、本プロジェクト実行中に標準化され、しかも、本プロジェクトの技術開発の一部に活用されたことは大いなる喜びである。同時に、ここで研究した基本原理を後押しとすることで、SDO の実装や普及に弾みがつくことが予想される。

以上、本プロジェクトおよび本研究は、多方面に貢献しつつある。対立が知見を生むという新しい形態のこのプロジェクトが今回で終了するのは、非常に残念である。ここで得た知見が、さらに活かされることを要望する。

## ■ 引用文献

1. 新誠一:「自動化と守, 破, 離ー情報家電システムの可視化, モデル化, 最適化」, 計装,47(3),58-61,(2004)

## ■ 成果の発表

### 原著論文による発表

国内誌(国内英文誌を含む)

1. 鮫嶋茂稔, 河野克己, 新誠一:「環境適応サービスを狙いとした超分散オブジェクトモデルと自律プラグアンドプレイ方式」, 電気学会論文誌 C,124(1), 64-72,(2004)
2. 舩橋誠壽ほか:「2010 年ユビキタス情報社会における社会技術的な課題の抽出」, 電気学会電子情報システム部門誌, 掲載頁未定, (2005) <査読中>

国外誌

該当なし

### 原著論文以外による発表(レビュー等)

国内誌(国内英文誌を含む)

1. 新誠一:「ユビキタス計装再考」, 計測技術,31(8),18-22,(2003)
2. 新誠一:「自動化と守, 破, 離ー情報家電システムの可視化, モデル化, 最適化」, 計装,47(3),58-61,(2004)
3. 新誠一:「最近の制御技術とソフトウェア」, Plant Engineer,36(11),13-17,(2004)
4. 新誠一:「制御理論の変遷と自動車への適用拡大」, Engine Technology, 6(6),104-108,(2004)
5. 新誠一:「信頼性の新たな動きー保障から補償へー」, 日本信頼性学会誌, 26(8),898-905,(2004)
6. 新誠一:「ユビキタス計装の発展方向～人,物, 機械のネットワーキングと"八百万神計装"へ」, 計装, 48(2),56-59,(2004)
7. Seiichi Shin:「Machines meet human beings」,Fukui University, Proceedings of SICE Annual Conference 2003 (SICE 2003), 523-526, (2003)
8. Motohisa Funabashi, Koichi Homma, and Toshiro Sasaki:「Introduction to the Yaoyorozu Project」, Proceedings of SICE Annual Conference 2003 (SICE 2003), 575-578, (2003)
9. Motohisa Funabashi, Koichi Homma, and Toshiro Sasaki:「Goal and Research Architecture of the Yaoyorozu Project Designing Ubiquitous Information Society in 2010」, Proceedings of SICE Annual Conference 2004 (SICE 2004), 2578-2583, (2004)
10. Seiichi Shin:「Software Visualization, Modeling, and Optimization」, Proceedings of SICE Annual Conference 2004 (SICE 2004), 509-512, (2004)
11. D. H. Kim, H. O. Wang, S. Shin, and E. S. Kim: State Estimations and Output Feedback Control for Nonlinear Systems with Cascade Observers Proc. SICE04, Sapporo, 4-6 August, pp. 629-634 (2004)
12. 本間弘一, 佐々木敏郎, 舩橋誠壽:「ユビキタス情報社会へ向けてのシステム技術」,電気学会全国大会シンポジウム「e-サービスにおける意思決定支援技術の展開」セッション, pp.S20(17)-S20(20), (2005)
13. Seiichi Shin:「Systems Concept of the Yaoyorozu Project」, Proceedings of SICE Annual Conference 2005 (SICE 2005), 掲載頁未定,(2005) <査読中>

14. Koichi Homma:「Introduction to the Yaoyorozu Project」, Proceedings of SICE Annual Conference 2005 (SICE 2005), 掲載頁未定, (2005) <査読中>

国外誌

1. T. Tajikawa, T. Tabaru, and S. Shin: Expression and Analysis of Algorithm via Dynamical System, Proc. IEEE IECON, Roanoke, VA, USA, 2-6 November 2003, pp. 1134-1139 (2003)
2. Seiichi Shin:「Role of Systematic Approach to the Yaoyorozu Information Society」, IEEE Annual Conference on System Man and Cybernetics (SMC 2004), 5615-5620, (2004)
3. Motohisa Funabashi, Koichi Homma, and Toshiro Sasaki:「Structuring Socio-technical Issues of the Ubiquitous Information Society in 2010」, Proceedings of CSM'2004 (18th Workshop on Methodologies and Tools for Complex System Modeling and Integrated), (2004)
4. K. Seki, S. Shin and T. Tabaru: Discrimination of Normal and Studless Tyres by Wavelet Sound Analysis, Proc. SICE04, Sapporo, 4-6 August, pp. 2312-2315 (2004)
5. Dong H. Kim and Seiichi Shin, Modified Particle Swarm Algorithm for Decentralized Swarm Agents, IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, CD-ROM, Shenyang in China, Aug. 2004.
6. K. Ozawa, T. Tajikawa, S. Shin, S. Tanaka, and A. Ohata: Visualization of Embedded Software for Engine Control, Proc. IEEE Int. Conference on Control Application, pp. 1437-1441, Taipei, Taiwan (2004)
7. Shun-ichi Akama, Tetsuya Tabaru, and Seiichi Shin: Bayes estimation of road surface using road noise, Proc. IEEE IECON, Busan, Korea, 2-6 November 2004, (2004)
8. D. H. Kim, O. Wang, G. Ye, and S. Shin: Decentralized control of autonomous swarm systems using artificial potential functions, Proc. 43rd IEEE Conference on Decision and Control, Dec. 14-17, 2004, Atlantis, Paradise Island, Bahamas, 159-164 (2004)
9. Seiichi Shin:「Human Machine Communication via Sound with Wavelet Transformation」, Proceedings of IEEE Annual Conference on System Man and Cybernetics (SMC 2005),掲載頁未定,(2005) <査読中>
10. Motohisa Funabashi, Koichi Homma, and Toshiro Sasaki: 「Socio-technical Issues for Ubiquitous Information Society in 2010」, Proceedings of IEEE Annual Conference on System Man and Cybernetics (SMC 2005),掲載頁未定,(2005) <査読中>
11. Koichi Homma, Yoshinori Sato, Hiromitsu Kato, Takashi Fukumoto, Kojin Yano, Ken-ichiroh Kawakami, Toshiro Sasaki, Motohisa Funabashi:「Systems Technologies for the Ubiquitous Society」, Proceedings of IEEE Annual Conference on System Man and Cybernetics (SMC 2005), 掲載頁未定, (2005) ＜査読中＞
12. Motohisa Funabashi, Koichi Homma, and Toshiro Sasaki:「The Yaoyorozu Project Designing Ubiquitous Information Society in 2010」, Proceedings of IEEE International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS), 掲載頁未定, (2005) <発表予定>

**口頭発表**

招待講演

1. 新誠一:「ユビキタス計装」, 弘済会館, 日本学術振興会産業計測第 36 委員会第 352 回研究会,2002.9.6
2. 新誠一:「ISO15745 への取り組み」, 虎の門パストラルビオレの間, The Second Symposium on ISO TC184/SC4,2002.11.12
3. 新誠一:「製造技術と情報技術」, 広島市平和公園国際会議場, 日本鉄鋼協会設備技術部会特別講演,2002.11.16
4. Seiichi Shin:「Development of Optimal Control System for Home Energy Management」, Marriott Crystal Gate Hotel, Arlington, VA, USA, OMG SDO Forum,2002.11.18

5. 新誠一:「計測・制御システムにおけるネットワークへの期待」, 東京工業大学 100 年記念館, 第 3 回計測自動制御学会産業応用部門大会,2002.11.28
6. 新誠一:「遠隔監視とユビキタス計装」, サイライズビル(3F イベントホール), DoCoMo テレメトリング・ソリューション・スクェア遠隔監視ソリューション展基調講演,2003.2.13
7. 新誠一:「ユビキタス計装」, 学術総合研究センタービル 2F 会議室, 石油学会計装部会研究会基調講演,2003.3.6
8. 新誠一:「人と機械と製造技術」, ホテルスプリングス, 第五回横河システムエンジニアリング産業システム・シンポジウム基調講演,2003.7.18
9. 新誠一:「製造業における可視化・モデル化・最適化」, ダイヤモンドホテルダイヤの間, IT による製造ソリューションセミナー基調講演,2004.4.16
10. 舩橋誠壽, 本間弘一:「文工連携によるユビキタス情報社会の設計ーやおよろずプロジェクト」, 機械振興会館, 電子情報通信学会 第三回ソフトウェアインタプライズモデリング(SWIM)研究会, 2004.1.16
11. 新誠一:「創発システム, これからの 10 年(社会システム)」, インテック大山, 第 10 回創発システム・シンポジウム,2004.8.22
12. Hirokazu Ihara, Motohisa Funabashi:「Systems Approach to Computing Dependability In and Out of Hitachi:Concept, Applications and Perspective Fault Tolerance for Trustworthy and Dependable Information Infrastructures」, Toulouse, France, IFIP World Computer Conference, 2004.8.24
13. Seiichi Shin:「A Role of Systematic Approach in Yaoyorozu (Eight Million Gods) Project」, Hall of Engineering Building 11, University of Tokyo, SICE Symposium on Ubiquitous Computing and Sensing,2004.10.18
14. 新誠一:「生産システムの守, 離, 破」, 千里ライフサイエンスセンター, システム制御情報学会第 4 回 CFA シンポジウム基調講演,2004.10.27
15. 新誠一:「家電の省エネとネットワーキング」, つくば国際会議場, 茨城県主催公開講演会「家庭から地球を救おう」,2005.1.25
16. 新誠一:「人と物と機械のネットワークを目指して」, 慶応義塾大学工学部, 2005 年度精密工学会大会生産システムの支援システムキーノートスピーチ,2005.3.17
17. Motohisa Funabashi, Koichi Homma, and Toshiro Sasaki:「Socio-technical Implications of the Ubiquitous Information Systems」, IEEE International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS), (2005) <発表予定>

応募・主催講演等

1. 吉野治香, 多冶川友之, 田原鉄也, 新誠一:「情報家電の省エネルギー化の研究」, 神戸市産業振興センター, SICE システムインテグレーション部門講演会 2002.12.20
2. 吉野治香, 平田飛仙, 新誠一:「情報家電による省エネルギー化の研究」,東北大学, 第 15 回自律分散システム・シンポジウム,2003.1.27
3. 佐々木敏郎:「『ユビキタス情報システム構成に関する研究』進捗報告」, 東京, やおよろずフォーラム 2004, 2004.2.20
4. 舩橋誠壽:「横断的科学によるユビキタス情報社会の研究(愛称:やおよろずプロジェクト)」, 東京, やおよろずフォーラム 2005, 2005.1.20
5. 佐々木敏郎:「『ユビキタス情報システム構成に関する研究』進捗報告」, 東京, やおよろずフォーラム 2005, 2005.1.20

## 特許等出願等

該当なし

## 受賞等

1. 新誠一:「計測自動制御学会 SI 2002 ベストセッション賞」,2002.12.20
2. 新誠一:「計測自動制御学会フェロー」,2003.8.5

## 3.2. エージェントシミュレーションに関する研究

株式会社日立製作所システム開発研究所
佐々木 敏郎

### ■要 約

本研究では、「ユビキタス情報社会で要請される社会的倫理と適合的なネットワークに関する研究」が提案する社会制度、「ユビキタス情報化社会のライフスタイルデザインに関する研究」が提案する上位の要求仕様の検証を可能とする、マルチエージェントシミュレーション技術の研究を行った。特に、ユビキタス情報社会における人やデバイスなどのユーザによる大量の情報交換システムを中心に、基本的技術コンセプトとモデル特性の検証手法の研究を進めた。この中で、社会システムの有効性、システム利用者の許容性を定量的に評価するシミュレーション技術を開発し、実験を通じてその有用性を明らかにした。

### ■目 的

新しい社会システムを導入する際には、導入の有効性を確認しなければならないのと同時に、その社会システムに対する利用者の許容性を事前に議論しておくことが必要である。従来の社会システムでは、情報・制御の流れがシステム管理側から利用者への一方通行であったため、その検証は比較的可能であると言えた。しかし緊密なネットワークで実現されるユビキタス情報社会における社会システムの場合は、多数の利用者・機器・システム要素の相互作用で動く分散的なシステムとなるため、個々の利用者、システムの振る舞いは極めて複雑になることが予想される。このような社会システムは、一般に複雑系に該当するものであり、数理的手法による挙動解析は困難と言われている。そこで本研究では、対象の社会システムを構成する各要素をエージェントに見立て、それらの相互作用により動くエージェントシミュレーションを開発し、エージェントベースの解析手法を確立する。エージェントシミュレーションを用いて社会システムの有効性や利用者の許容性を正確に評価するためには、利用者の行動特性・行動心理をモデル化してシミュレーションに組み込む必要がある。またシステムの最適性を評価するだけでなく、利用者の満足、利便性など多面的な評価を行い、慎重に議論する必要がある。本研究では、これらのエージェントシミュレーション技術の確立を目指し研究を行った。

### ■研究方法

本研究では、上記エージェントシミュレーション技術の開発を目的として、下記の手順で研究を実施した。

(1)基本的技術コンセプトの確立

社会システム評価用のエージェントシミュレーション技術確立のため、ユビキタス情報社会で実現が予想される匿名の地域情報共有モデル(Virtual Bulletin Board(VBB)モデル)を仮定し、モデルの振る舞いの検証および評価を行った。この研究を通して、本研究で開発するエージェントシミュレーション技術のコンセプトを固めた。

(2)モデル特性の検証手法確立

上記(1)の研究の結果、VBB モデルの様な社会システムを模擬したモデルの特性を検証するためには、対象とする社会システムの利用者の行動特性・行動心理をより忠実に表現する必要があることが判明した。そこで VBB モデルに含まれて

いる利用者のモデルについて行動特性・行動心理のサブモデルを改良し、実験を行った。さらにエージェントシミュレーションを用いた社会システムの多面的評価法について検討を行った。

(3)信頼モデル技術の評価

上記(1)および(2)の研究成果を発展させ、「ユビキタス情報システム研究に関する研究」の「ユビキタス情報デバイス群のアルゴリズムに関する研究」にて開発した技術の社会親和性を検証するケーススタディとして、信頼モデル技術をエージェントシミュレーションにより評価した。

## ■研究成果

それぞれの研究項目に対し、以下の結果を得た。

1. 基本的技術コンセプト

本研究では最初に、基本的な想定アプリに基づいてエージェントシミュレーションを構築し、実験を行った。またその実験の結果をもとに、模擬レベルの高いエージェントシミュレーション開発に必要な、基本的技術コンセプトを確立した。想定アプリ例としてVBBを取り上げ、VBBに付随する荒らしの問題と投票による対策の提示を行い、この中ではエージェントシミュレーションを開発し、また実験を通じて基本的技術コンセプトを固めた。

1.1 VBB(Virtual Bulletin Board)

ユビキタス情報社会で登場するシステムの一つに、位置情報を使った情報共有システムが挙げられている。位置情報を使った情報共有については特に地域での応用が考えられ、地域住民の情報交換を促進させることで、地域の活性化が期待されている。本研究では、位置を使った匿名の情報共有システムの一例として、利用者が任意の場所に任意のタイミングで情報を書き込み、また読むことのできる仮想的な情報掲示システム(Virtual Bulletin Board; VBB)を仮定した。VBB の大きな特徴は、利用者が記事として情報を登録する際に、利用者の位置情報も合わせてサーバに登録する点である。図-1 は VBB が社会に登場した場合の利用例であり(以下、利用例のシステムを VBB とする)、街中で買い物をする際 VBB を使用して最も安い商品を売る店舗を探す場面である。以下 VBB の利用場面を説明する。利用者は VBB を使って、ある特定の場所に関する記事を収集する。収集された記事は掲示板形態で一覧表示され、見ることができる。利用者はこうして街中の様々な場所で書かれた記事を参照する。一番安い価格を示す記事を見つけたら店舗を選択し移動する。店舗に到着したら商品の購入を行う。また店舗の価格情報をVBBに投稿する。本研究ではVBBを利用例として、エージェントシミュレーションを開発した。詳細は 1.3 に述べる。

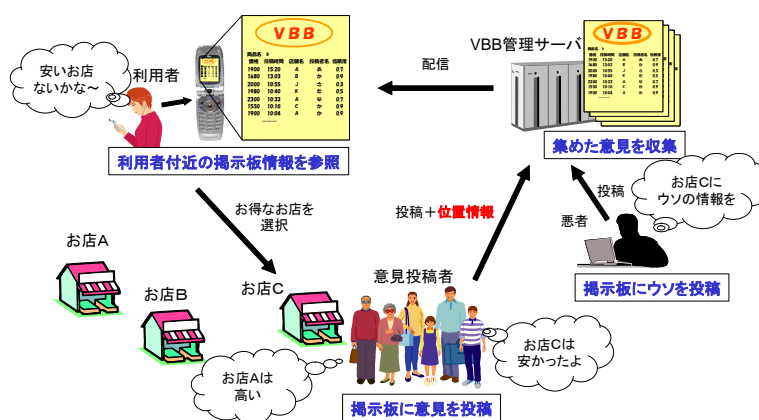



図-1　VBB が社会に登場した場合の利用例

### 1.2　荒らしの問題と投票方式

VBB の様なシステムは、地域活性化に大きな期待が寄せられているが、一方でこのような匿名の情報共有システムの場合、偽の情報や意味のない情報を投稿する行為が発生することが知られている。以下このような現象を荒らしと呼ぶ。本研究では、VBB に対し荒らし記事を見分け排除する記事の評価法（以下、投票方式）について検証を行った。また投票方式を検証するための、基本的なシミュレーション技術を開発した。VBB に投稿される記事に関しては、次の三つの投票方式が考えられる。

**掲示板投票方式**：掲示板ごとに信頼性を評価する方式であり、地域やエリアごとに掲示板が散在する VBB の形態をそのまま評価に使用する。

**記事投票方式**：投稿した記事ごとに信頼性を評価する方式である。投稿記事ごとに評価する方式はインターネット上の掲示板でも良く行われている方式である。

**投稿者投票方式**：記事の投稿者を特定し、過去の記事の評価を基に投稿者の信頼度を決定する方式である。投稿者投票方式は投稿者を特定する必要があるため、投稿者に ID を持たせる必要がある点で他の二つの投票方式と異なっている。インターネット上のオークションサイトで出品者の評価で良く用いられている方式である。

### 1.3　エージェントシミュレーションの開発

これら三つの投票方式の有効性を評価するため、図-1 を模擬するエージェントシミュレーションを開発した。図-2 は VBB をエージェントシミュレーションとしてモデル化したものである（VBB モデル）。VBB モデルでは、各エージェントが活動する仮想的な街並みを空間モデルとして与えた上で、店舗、掲示板、VBB の利用者、VBB に対し荒らしを行う悪者をそれぞれエージェントとしてモデル化している。空間モデルは商店街を模した街並みを再現しており、街並みの中に店舗モデルを配置し、道路（歩道と横断歩道のみ利用者モデルと悪者モデルが通行可能）を設定し、利用者モデルや悪者モデルが登場する駅出口などを設定している。また店舗モデルは、商品に対する値引き額を決定し、商品を販売するモデルである。掲示板モデルは、店舗モデル周辺で投稿された記事を収集し一覧で示す機能を持ったモデルである。各記事には、店舗で取り扱う商品とその価格情報が記載されている。さらに各記事に対し投票方式に基づいた信頼度が付加されている。利用者モデルは、空間モデルの中で買い物をする利用者のモデルである。

図-3 は利用者モデルの行動内容を表している。利用者モデルは主に期待利得計算、店舗選択、購入・評価、記事投稿の 4 つの行動から構成される。期待利得計算では、それぞれの記事に対し、記事に書かれた価格情報から値引き額（価値）を計算し、さらに掲示板モデルが示す信頼度を掛け合わせて期待利得を算出する。店舗選択では、期待利得計算で算出した記事に対する期待利得に対し、期待利得が最も高い値を示す店舗を選択する。購入・評価では、実際に店舗モデルから商品を購入し、その時の割引額が掲載価格と同じであれば、掲示板モデルに対し信頼度を上げるように評価する。そうで無ければ、信頼度を下げるように評価する。さらに移動中に店舗を通った場合は、確率的に記事投稿を実施する。

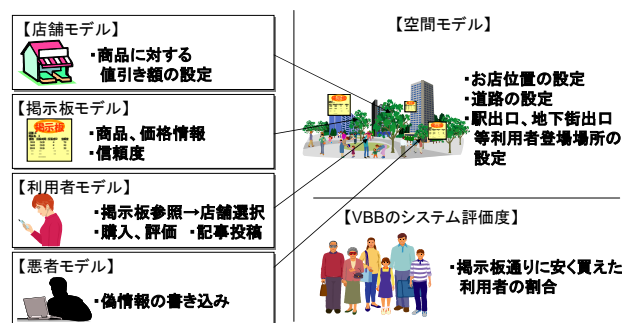
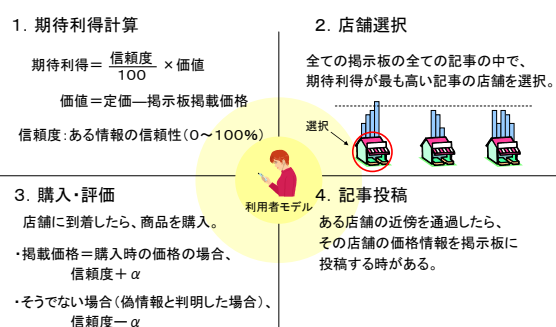



図-2 VBB モデル　　　　図-3 利用者モデルの行動内容

利用者モデルの行動フローを図-4 に示す。以下、このフローについて概略を説明する。利用者モデルは最初に購入を希望する商品を決定する。次に空間モデルに登場する際の出発地点（出入り口）を決定し、空間モデル上でのシミュレーションが開始される。期待利得計算と店舗選択により向かう店舗を決めた後は、空間モデルの制約（歩行可能な空間のみ移動可能とする）を受けながら店舗まで移動し、商品を購入する。商品購入後は掲示板モデルの情報に対する評価（合っていたか、間違っていたか）を行い、空間モデルの出入り口に移動する。最後にシミュレーションを継続的に実施するため、出口に到着したエージェントは、暫く待った後、再び商品購入を行うため、空間モデルに登場する。

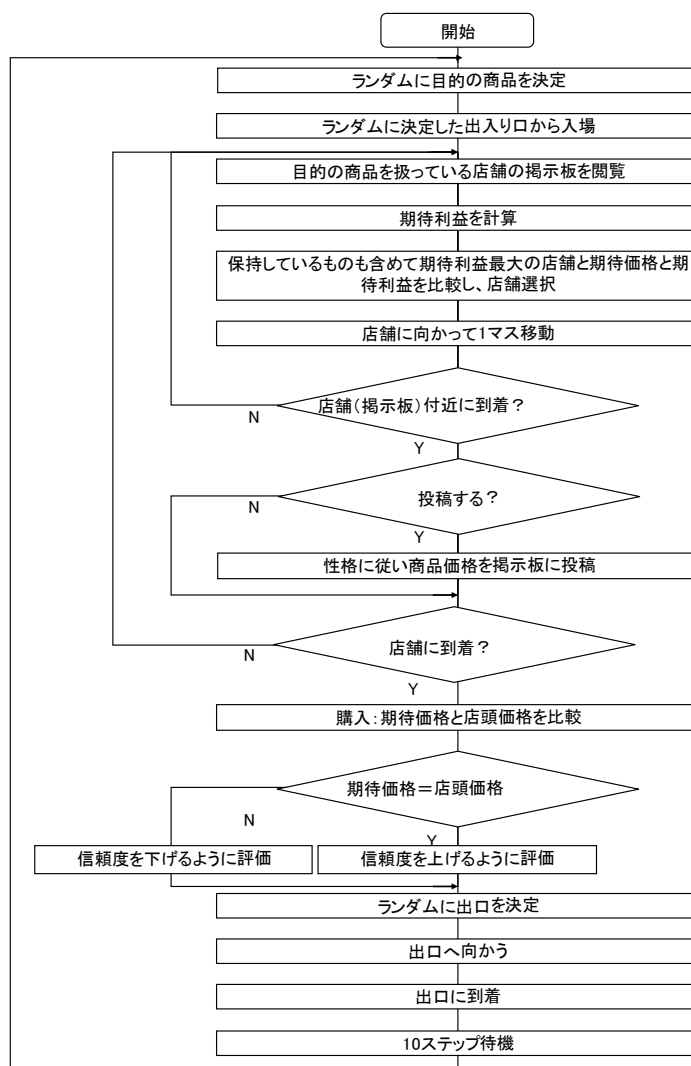



図-4 利用者モデルの行動フロー

図-5 は悪者モデルを表している。利用者モデル同様、主に期待利得計算、店舗選択、購入・評価、記事投稿の 4 つの行動から構成されているが、記事投稿の際に、故意に偽の情報を投稿する機能を持たせている。本研究では店舗モデルが提示する価格に対し±30%の範囲でランダムな価格を掲示板に書き込んでいる。通常より安い価格情報を記事として投稿するため、利用者モデルはその情報に惑わされて店舗を選択する可能性を出している。なお実装では、悪者モデルは利用者モデルの子クラスとして実装する。

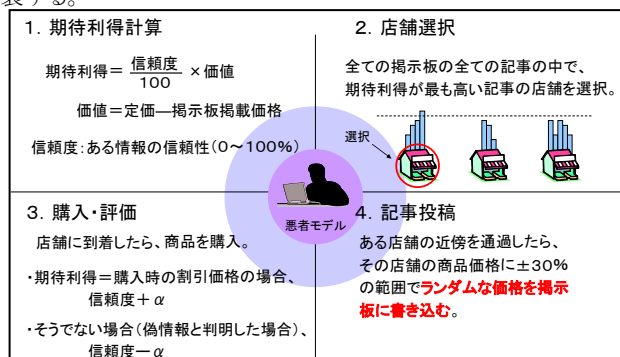



図-5 悪者モデル

これらの利用者モデルや悪者モデルを空間モデル上にエージェントとして登場させ、実際に何割のエージェントが選択した記事通りに安く買い物ができたのかを示す評価指標を導入する。これをシステム評価度と呼ぶ(図-2 右下)。この値が低ければ投票方式は有効に働いていないと判断する。

### 1.4 実験

図-2 のエージェントシミュレーションを開発し、実際に実験を行った。利用者モデルと悪者モデルの割合を 9 対1(悪者モデルは全体の 10%)とした場合のシステム評価度の変化を図-6 に示す。掲示板投票方式は最も悪く、システム評価度が 0 となり荒らしが防げていないことが分かる。一方記事投票方式はシステム評価度が 5 割程度で平衡状態に達している。シミュレーションの途中状態を入念に調査した結果、記事投票方式は時間が経つにつれて荒らし記事を特定しているものの、新たに投稿された荒らし記事には対応できていないことが原因と判明した。従って記事投票方式でも今回の場合は十分な効果を上げていないと結論できる。今回の実験では投稿者投票方式が最も良い結果を示した。この理由は、時間が経過するに従って、荒らしを行う投稿者を特定できるようになったからである。しかし投稿者投票方式であっても、初期段階のシステム評価度の低下が見られる。また投稿者 ID を取得し直すことで荒らし記事が再び検出困難になるという問題が残されている。

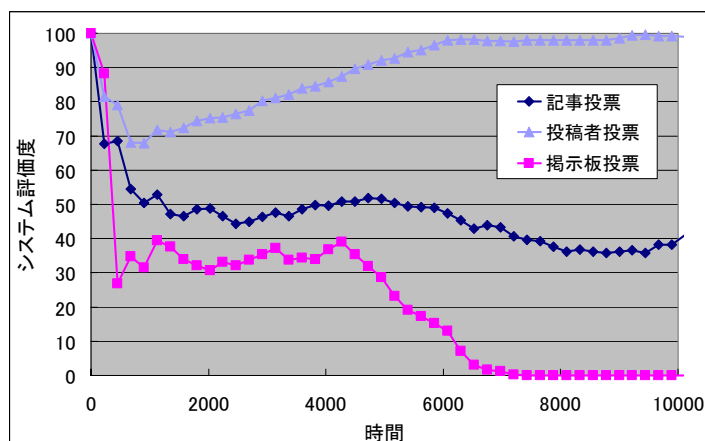



図-6 システム評価度の変化

1.5 基本的技術コンセプトの導出

実験により、開発したエージェントシミュレーションに対する改良案として、以下の通り基本的技術コンセプトを固めた。

(1)荒らしのモデル化

今回開発した悪者モデルの挙動を解析した結果、期待利得が最も高い店舗に集中してそのままずっと滞留し続ける場合があることが分かった。これは悪者モデルの移動の意思が期待利得計算のみに依存していることに起因する。現実の荒らしは永続的に続くことはあまりなく、発生と収拾が不規則であり、予測不可能なことが対処を難しくしていると思われる。より現実に近いと考えられるシミュレーション環境を構築するため、悪者モデルを改良し、荒らしの発生を不規則にさせる荒らしのモデル化が必要と考えられる。

(2)信頼度に対する受け取り方の違いによる影響評価

また今回の実験では「購入・評価」の際に、全員が一様の基準で投票を実施しているが、その信頼度に対する受け取り方は、人それぞれと思われる。例えば投票で「良い」が 4 票、「悪い」が 3 票入った記事の場合、その記事に騙されて不満を覚える利用者もいれば、その程度の信憑性だったと納得する利用者もいると思われる。こうした情報の受け取り方の違いによって、全体の結果が異なることがあるということについては行動経済学の分野で度々言われている。本研究においても、情報の受け取りの違いが、実験結果にどう影響を及ぼすのか、検証する必要があると考えられる。

(3)シミュレーションに対する多面的評価

今回の実験は投票方式の有効性に注目して評価を行っていたが、社会システムの特性について議論するには、社会システムの利用者の視点に立った評価も行わなければならない。このような多面的に判断するための評価指標を考える必要がある。

2. モデル特性の検証手法確立

上記基本的技術コンセプトに基づいて、図-2 のエージェントシミュレーションのモデルを以下の通りに改良し、モデル特性の検証手法の確立を目指した。

2.1 荒らしのモデル化(利用者エージェントモデルの開発)

荒らしに限定はしていないが、情報掲示板の記事投稿の増減(盛り上がり)については、松村らが全体をシステムとして捉えモデル化を試みている「引用文献 8.」。一方本研究では荒らしの盛衰を個々のエージェントの創発現象としてモデル化を行った。荒らしを行う悪者の心理を検討した結果、「荒らし投稿を見た利用者の反応を楽しむ」「利用者からの反応がない場合は、荒らしを止めるようになる」などの心理が働くのではないか、という仮説を得るに至った。そこで悪者モデルを発展させて新たに利用者エージェントモデルを開発し、「掲示板の投稿頻度が高い掲示板に、好んで集まり、荒らし記事を投稿する」「投稿頻度の低い掲示板に対しては興味が薄れ、その場を離れる」という特性を組み込んだ。この利用者エージェントモデルに関しシミュレーション実験を行った。図-7 はその結果を掲示板モデルごとに表したものである。荒らしを行う利用者エージェントモデルが不規則に集まり、解散していく様子が分かる。このような複雑な荒らしの現象をエージェントの特性で表現する、創発現象の表現技術を確立することができた。

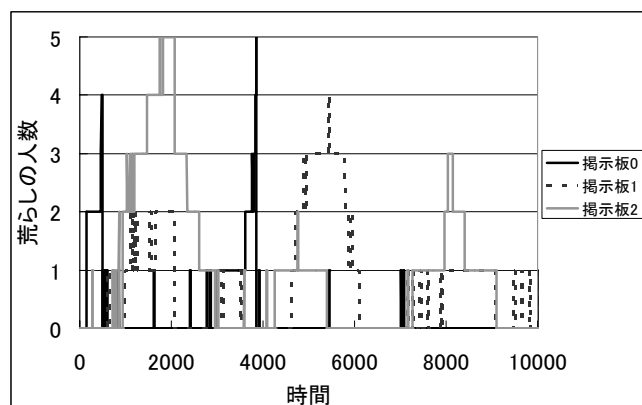



図-7 荒らし行為の発生・収拾の状態

2.2 信頼度に対する受け取り方の違いによる影響評価(評判モデルの開発)

投票方式で提示する信頼度の解釈を変えることで、荒らしの影響がどの程度低減されるかを検証した。信頼度の解釈をモデル化したものを評判モデルと呼ぶ。図-8 は掲示板モデルの受け取り方を変えたことにより、システム評価度がどの様に変化するかを示している。①では、利用者は掲示板中の最も先頭の記事のみ参照し、店舗を決定している。一方④では掲示板全体の信憑性をもとにして、掲示板の記事を複数参照し、店舗を決定している。この受け取り方の違いにより、④の結果は②記事投票方式、③投稿者投票方式の 2 つよりも良い結果を示している。この結果、ユビキタス情報社会では、情報の受け手側に立ったシステム設計が極めて重要という知見を得た。

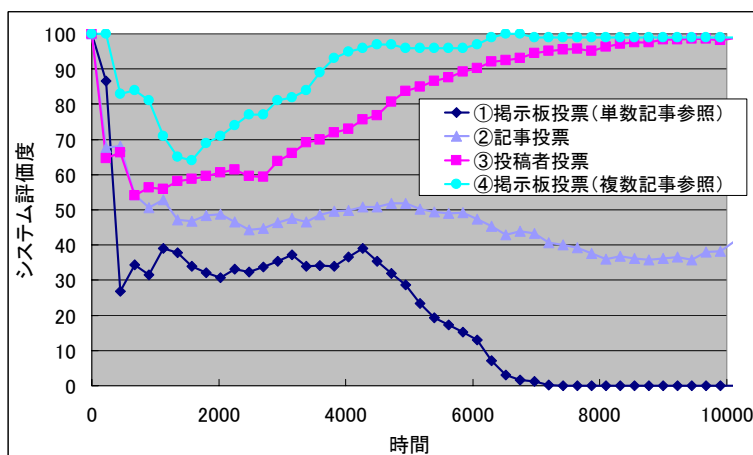



図-8 VBB に対する評判の変化

2.3 シミュレーションに対する多面的評価

利用者の視点で考えた場合、投票方式に関しては、より良い記事を取得できる方式が良いものと考えられる。そこでどれだけ良い記事を示せたかという指標(平均受益額)を導入し、改めて評価した。平均受益額は次の式で表される。

$$\text{平均受益額} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\text{商品定価} - \text{購入時商品価格}\right) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$N$ : 購入回数

図-8 と同様に掲示板投票方式(単数記事参照)、記事投票方式、投稿者投票方式、掲示板投票方式(複数記事参照)について平均受益額を計算した結果を表-1 に示す。なお投票方式を全く使用しない場合の平均受益額も理論値で示している。表-1 の通り、各投票方式は利用者に対し明確に利益を与えていること、その中でも投稿者投票方式、掲示板投票方式、記事投票方式が高い利益を与えていることが理解できる。この平均受益額と図-8 の結果をまとめると、投票方式を開始してある程度票が集まれば、投稿者投票方式と掲示板投票方式(複数記事参照)は、偽の記事に惑わされる利用者エージェントがほとんど発生せず、また平均受益額も高いため、満足のいく方式であることが結論できた。

表-1 平均受益額

| 投票方式 | 平均受益額 |
|---|---|
| 掲示板投票方式(単数記事参照) | 401.51 |
| 記事投票方式 | 474.76 |
| 投稿者投票方式 | 512.21 |
| 掲示板投票方式(複数記事参照) | 505.20 |
| VBB 利用なし(理論値) | 300.00 |

2.4　店舗の特性評価（商店街モデルの開発）

商店街の店舗に対しても現実に近い挙動をさせるため、知的判断を行う店舗エージェントを導入し、店舗エージェントの集合で形成される商店街モデルを開発した。店舗エージェントは、実際の販売数や利益に応じて商品の販売価格や仕入れ数を変化させるロジックを備える。実験の結果、単価の高い商品を重点的に取り扱う店舗がより高い利益を上げる傾向が見受けられ、これは近年の商店街経営で言われるところの「個々の店舗の専門店化」に通ずるものと考えられる。また、客が多いほど掲示板への情報発信が増え、結果的に宣伝効果が高まるため、初期での集客力に関係する初期設定の価格が、後々の集客に大きな影響を与えるという実験結果が得られた。これに対しては、店舗自身が掲示板モデルへの情報書き込みを行う（つまり、店舗が掲示板を宣伝の場として能動的に利用する）場合にはこの影響が小さくなるという実験結果も得られた。以上のように、掲示板が商店街に与える影響の評価・分析のために、仮想的な商店街モデルが役立つものと思われる。

3. 信頼モデル技術の評価

「ユビキタス情報システム研究に関する研究」の「ユビキタス情報デバイス群のアルゴリズムに関する研究」にて開発した技術の社会親和性を検証するケーススタディとして、信頼モデル技術をエージェントシミュレーションにより評価した。シミュレーションでは、信頼モデル技術を実装したシステムが保持する知り合い関係（web of trust）を図-9 の通り模式化した。直接の知り合いではない利用者の信頼度を計算する場合は、人の繋がりを通じて間接的に計算する。例えば、利用者 D の信頼度を計算する場合は、利用者 A→利用者 B→利用者 D の信頼関係を使って計算する。

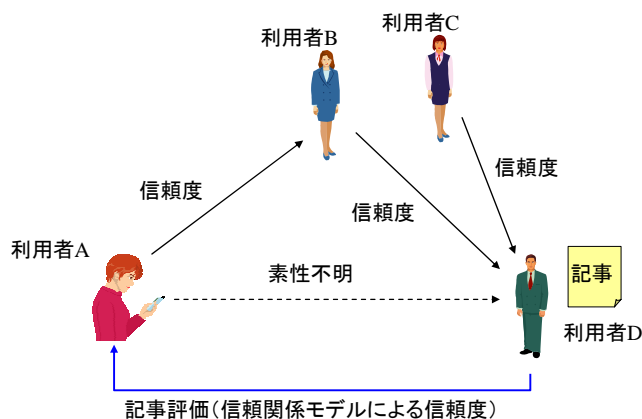



図-9 記事評価に対する信頼モデルの応用

各利用者エージェントモデルは平均 3 人、最高 5 人と知り合い関係にあるものと設定した。図-10 は、信頼モデル技術を導入した VBB のシステム評価度である。信頼モデル技術を導入した場合は、初期段階のシステム評価度の低下を防いでいることが分かり、人の繋がりを使用することで、ある程度記事の信頼性を予測できていることが分かる。また信頼モデル技術を導入した場合は、最終的にほぼ 100%のシステム評価度を示している。これは人の繋がりの間の信頼関係が、記事評価で学習され、より正しい値になっていることを意味する。本検証の結果、信頼モデル技術がシステム評価度の低下を効果的に防げており、より社会親和性が高いことを示せた。本研究で開発したシミュレーション技術により、効果的な事前検証が行えることを確認した。

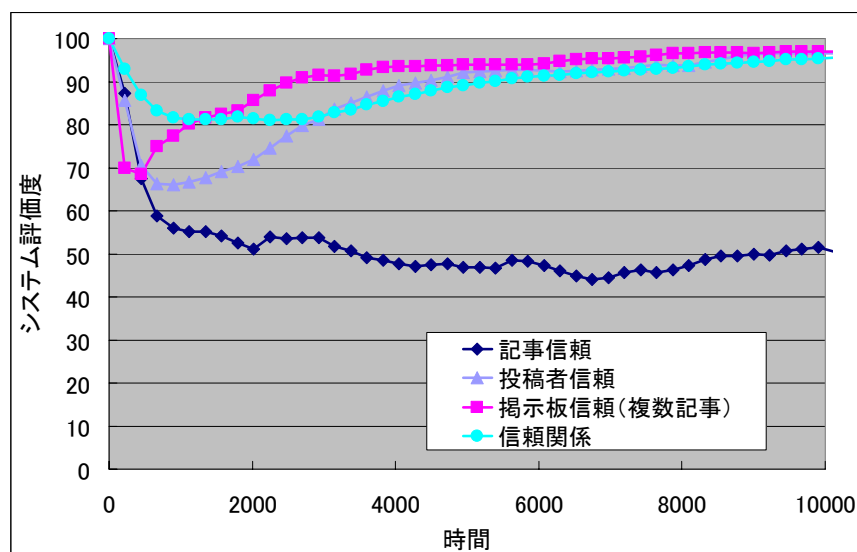



図-10 信頼モデル技術を導入した場合のシステム評価度の変化

## ■考 察

本研究では、ユビキタス情報社会における社会システムの設計に関して、導入時におけるシステムの有効性と、システムを使用する利用者の許容性をそれぞれ評価するエージェントシミュレーション技術について研究を実施した。最初に基本的技術コンセプトの確立を実施するため、位置情報を使った匿名の情報共有システム(VBB)を例に挙げ、VBB に対する荒らし対策の問題を提起し、掲示板投票方式、記事投票方式、投稿者投票方式の三つの投票方式に対する有効性を確認するエージェントシミュレーションを開発した。次にエージェントシミュレーションの実験結果をもとに、モデル特性の検出手法の確立を行った。具体的には、実際に見られる様な荒らしの偏りを再現する創発的な現象をモデル化し、また提示された信頼度に対し異なる解釈を与える評判モデル、店舗自身が戦略に則った経営を実施する商店街モデルを開発した。さらにシステム技術の社会親和性を評価するケーススタディとして信頼モデル技術を取り上げ、本研究において開発したエージェントシミュレーションが社会親和性の評価に適用可能であることを確認した。

従来の社会システムの導入についても、入念な市場調査、設計のもとに開発が行われてきた。しかし従来の社会システムに関しては、交通管制や流通システムなどに見られるように、全体から個々へ、あるいはシステムから利用者へといった一方通行のシステムであり、その意味では可制御であったと言える。しかしユビキタス情報社会では個人やデバイスとシステムがネットワークで結ばれ、個々の振る舞いがシステム全体に影響を与えやすい状況になり、複雑系社会システムの様相を呈すことが予想される。このような状況下では従来の理論的解析は困難であり、エージェントシミュレーションによる解析が必要になってくる。ただしシミュレーション分野では従来より KISS 原理(Keep It Simple, Stupid!)「引用文献 10.」が唱えられており、KISS 原理を逸脱しない範囲で、かつ人間個人の心理や振る舞いをモデル化することが重要である。今回の研究を通して、エージェントシミュレーションにおいても、KISS 原理を逸脱しない範囲で、人間個人の心理や振る舞いをモデル化することが極めて重要であると実感した。

一方、本研究で開発したエージェントシミュレーションは、100 人規模で 1 日～3 日、1000 人規模で 10 日～1 ヶ月ほどの時間を要する。今後の課題としては、より複雑な社会システムに対する解析シミュレーションを実施するための取り組みが挙げられ、例えば、グリッドコンピューティング環境下でのシミュレーション基盤ソフトウェアの開発が必要と考えられる。

## ■引用文献

1. 車谷浩一, 野田五十樹, 西村祐一:「社会システム応用」, 情報処理第 43 巻 6 号, 653-657,(2002)
2. 阿部昭博, 佐々木辰徳, 小田島直樹:「位置情報を用いて地域コミュニティ活動を支援するグループウェアの開発と評価」, 情報処理学会論文誌,Vol.45, No.1, 155-163,(2004)
3. 梅木秀雄:「ネットワークコミュニティ形成支援技術」, 人工知能学会誌 Vol.14,No.6, 943-950,(1999)
4. Nigel, D., Keith, C., Keith M. and Alon, E.:「Using and Determining Location in a Context-sensitive Tour Guide」, IEEE Computer, Vol.34, No.8, 35-41, (2001)
5. 西田豊明他:「知識ネットワーク社会におけるコミュニティの知識創造支援に関する研究」, 通信総合研究所季報, Vol.47, No.3, 85-97,(2001)
6. 竹内亨, 鎌原淳三, 佐伯勇他:「携帯端末を用いた情報伝播モデルによる実験に基づいた情報伝播力の評価」, 電子情報通信学会第 15 回データ工学ワークショップ, (2002)
7. 吉田仙, 亀井剛次, 大黒毅, 桑原和宏:「Shine ネットワークコミュニティ支援システムのエージェント指向フレームワーク」, 信学技報, AI2001-18, (2001)
8. 松村真宏:「オンラインコミュニティにおけるチャンス発見」, 人工知能学会 18 巻 3 号, 295-300, (2003)
9. 井上智雄:「ウェブ掲示板を対象としたネットワークコミュニティ分析支援システム CMINER」, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.1, 131-141, (2004)
10. 寺野隆雄:「エージェントベースモデリング:その楽しさと難しさ」, 計測と制御 Vol.43 No.12,927-931, (2004)

## ■成果の発表

### 原著論文による発表

国内誌(国内英文誌を含む)

1. 矢野浩仁,川上賢一郎,本間弘一:「地域ネットワークコミュニティサービスにおける偽情報記事の対策法とその評価」, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.3, 掲載頁未定, (2005) <採択済み、左記は掲載予定号>

### 原著論文以外による発表(レビュー等)

国内誌(国内英文誌を含む)

1. 矢野浩仁,川上賢一郎,本間弘一:「位置情報リンク型情報共有サービスにおけるシステム成立・持続条件に関する考察」,計測自動制御学会第 9 回創発システム・シンポジウム"創発夏の学校"予稿集, 67-68,(2003)
2. 矢野浩仁, 川上賢一郎, 本間弘一:「地域ネットワークコミュニティにおける口コミ情報の評価法に関する検証」, 第 67 回情報処理学会全国大会「情報と人間社会」セッション,339-340, (2005)
3. Koujin Yano, Kenichiro Kawakami, Koichi Homma (Hitachi), Seiich Shin:「Multi-Agent Simulation Model of the Yaoyorozu Project」, Proceedings of SICE Annual Conference 2005 (SICE 2005), 掲載頁未定, (2005) <査読中>

国外誌

該当なし

### 口頭発表

招待講演

該当なし

応募・主催講演等

該当なし

## 特許等出願等

1. 2005.3.1:「位置情報を使い記事評価を行うロコミ情報共有システム」,矢野浩仁, 株式会社日立製作所, 特願2005-055293

## 受賞等

1. 矢野浩仁, 川上賢一郎, 本間弘一:「地域ネットワークコミュニティにおけるロコミ情報の評価法に関する検証」, 第67回情報処理学会全国大会「情報と人間社会」セッション, 339-340, (2005)(大会優秀賞受賞)

3. ユビキタス情報システム構成に関する研究

## 3.3. ユビキタス情報デバイス群のアルゴリズムに関する研究

株式会社日立製作所システム開発研究所
佐々木　敏郎

東京大学大学院情報理工学系研究科
新　誠一

### ■要　約

本研究では、プライバシーやユーザビリティなどの制約下におけるエンドユーザ同士の相互作用、新たなシステム機能の発現、エンドユーザ環境の最適化を実現しうるアルゴリズムの研究を行った。特に、ネットを通じた口コミ情報共有が今後さらに活用が進むであろう事を想定し、人やデバイスがネットを通じて連携するユビキタス情報システムにおいて、ユーザが安心して情報を共有でき、適切な情報を取捨選別できるようにするシステムのモデルについて研究を進めた。この中で、プライバシーに配慮しつつ確度の高い情報を得るための信頼モデル、匿名情報交換を実現するためのコミュニティ形成モデル、状況依存型サービスを実現するためのユーザ理解モデルに関する技術を開発した。

### ■目　的

ブラウザフォンが普及した現在、既に我々の周りには“いつでも、どこでも、誰とでも”情報サービスを利用できる環境が出現している。さらに様々なデバイスやネットワークに繋がるユビキタス情報社会においては、人と人、人とデバイス、デバイスとデバイスが協調するユビキタス情報システムが出現し、人々の生活を支える新たな情報サービスが実現されることが期待されている「引用文献 1.」。この中では日常生活の様々なシーンで情報活用がさらに容易になり、老若男女を問わずコンピュータネットワークを活用できる可能性がこれまで以上に広がるであろう。特に、現在ネットで行われている口コミ情報共有は、人同士を密につなぐユビキタス情報社会でさらに活用が進むであろうことは想像に難くない。

しかしながらネットワーク規模の増大とユーザの多様化により、利便性を損ねる問題がいくつか生じる可能性がある。このような問題の1つは、情報増大に伴いユーザが有用な情報に到達しにくくなる事である。例えば、WWW においても、既に検索サービスの情報鮮度や検索再現率の低下が懸念されている「引用文献 2.」。また現在は検索適合率を見かけ上高めるための手段として、検索結果をランキングする手法が導入されているが「引用文献 3.」、Web ページに掲載されている情報の真偽は定かではなく、ユーザの判断に委ねられている。これは、有名サイトのように一般に信頼されている Web サイトの情報を利用する限りにおいては問題にならないものの、無名のユーザが発信する情報を活用する際に問題となる。ユビキタス情報社会では現在よりも情報発信者が多様化・増加し、それに伴ってネットワーク上に虚偽の情報が増える可能性があり、情報の信頼性に関する問題がさらに顕在化することが予想される。

また多様な情報発信者、受信者が参加する口コミ情報共有システムにおいては、老若男女が安心してシステムを使えるよう配慮すべきである。ウィルス、クラッキングなどのシステム自体に対する攻撃、通信路やストレージからの情報漏洩に対しては、これまでも情報セキュリティ分野で広範囲に研究がなされてきたものの、今後は情報発信者・受信者それぞれのプライバシー保護が重要な課題になると考えられる。

そこで本研究では、ユビキタス情報システムのうち特に口コミ情報共有に焦点をあて、ユーザが安心して情報を共有でき、適切な情報を取捨選別できるようにするシステムのモデルについて検討する。匿名性の高い情報共有空間の構成を実現するためのコミュニティ形成モデルを開発し、さらに共有情報の中からユーザが信頼できる情報を発見するための信頼モデルの技術、

実世界での状況に応じてユーザを適切な情報にナビゲーションするためのユーザ理解モデルの技術の開発研究を行う。

## ■研究方法

研究目的を達成するための具体的な研究方法は以下の通りである。それぞれの研究項目において、計算機によるシミュレーションやプロトタイプでの実験を併用して、手法の提案、評価を行う。

1. 信頼モデルに関する技術

ユビキタス情報社会では、場所やモノに情報をリンクさせることが容易になることが予想される。例えば、本研究プロジェクトにおけるサブテーマ:ユビキタス情報化社会のライフスタイルデザインに関する研究(Lifestyle Design Sub Theme; LD-ST)では、場所(位置情報)と個人の意見という情報をリンクさせ、実世界の中にそこでしか見ることができない電子掲示板的な「場」を提供するコミュニケーションツールとして「ここメモ」を提案している。現在の Web ベースの電子掲示板の例でも議論されていることであるが、こうしたコミュニケーションの場では、匿名性を保ち事実だけをやり取りすることによって場が荒れず、活性化する傾向があることが報告されている。ところが、完全に匿名性が保証されている環境では、発信された情報の信頼性(ある特定の個人によって価値ある情報である度合い)を計量することができず、無用な情報が場に溢れてしまう可能性も同時にある。そこで、本研究項目では人間同士の信頼関係に着目し、信頼できる人が提供する情報は信頼できるという信頼モデル(Trust Model)を考え、いわゆる”Web of trust”モデルのコミュニティを形成することによって情報の信頼性を評価可能とするフレームワークを構築する。

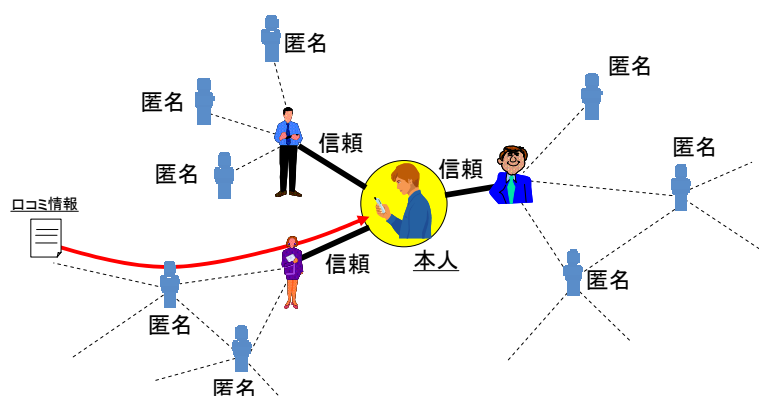



図-1 信頼モデル(Trust Model)の基本コンセプト

2. コミュニティ形成モデルに関する技術

ユビキタス情報社会においては、大量の情報交換が発生することが予想される。このような状況において、従来多用されてきたサーバ・クライアント型の情報伝達手段は、その効率性、誰が何を情報伝達しているのかを他者に観測されてしまうとプライバシーの観点からの危険性を有している。そのため本研究項目では、ユビキタス情報社会における主たる情報伝達の手段としてピアツーピア(Peer-to-Peer; P2P)によるネットワークを想定し、従来の P2P ネットワークの特徴である情報伝達の匿名性をある程度保持しつつ通信効率の向上(P2P ネットワークに流れる通信量の適度な分散(負荷分散)の実現)を図ることを目的として、物理的に近接するユーザ同士からなるローカルなコミュニティを自動構成し、前記コミュニティを代表するユーザからなる基幹のネットワークを最適化アルゴリズムにより決定する技術を研究する。

3. ユーザ理解モデルに関する技術

ユビキタス環境下で様々なユーザが容易に共有情報へアクセスできるようにするには、適切なナビゲーションが必要となる。これは現在の情報システム一般に通じる課題であり、Web のパーソナライズなど様々な試みがなされてきた。さらに各種センサを通じてユーザの状況を把握可能なユビキタス環境では、日常生活の様々な状況に対して情報サービスを自動適

合させることを期待できる。そこでユーザ理解モデルの技術に関する本研究項目では、位置情報の履歴を基にユーザの行動を理解し、出力をユーザに適合させる情報フィルタリングのシステムを研究する。

## ■研究成果

それぞれの研究項目について以下の成果を得た。

1.　信頼モデル

1.1 コンセプトの導出

ユビキタス情報社会では、情報技術の活用により人間の能力が強化されることが予想される。このような IT によって能力が強化された人間を「拡張人間」と呼ぶことにする。中でも有力な拡張能力の一つとして「記憶」が挙げられる。センサネットワークを身に纏うことにより、あるいは、行く先々の周辺環境に埋め込まれたセンサ・アクチュエータ群と連携することによって、身の回りで起きた事象の細部までディジタルに記憶することが可能になる。このとき、個々人の記憶が強化されることは元より、人と人との間で情報共有が行われることによって、人間の記憶は爆発的に増大される可能性がある。ただし、各人の記憶の中には個人のプライバシーに関わる記憶も含まれているため、全ての記憶が自動的に共有することは避けなければならない。

これまでの人間社会では、こうしたプライベートな情報を含んだ記憶の共有は「口コミ」を通じて行われてきたと考えることができる。口コミでは、情報の発信源を特定することが困難であるにも拘わらず、情報の信頼度は比較的高いところに特徴があり、システム要件を満足するものとして考えられる。そこで口コミでの情報共有・信頼伝播をモデル化することによって匿名での信頼情報共有の実現を目指した。すなわち、口コミにおける情報伝播経路として考えられる、信頼できる人同士のつながりをネットワークとしてモデル化することを考えた(図-2)。

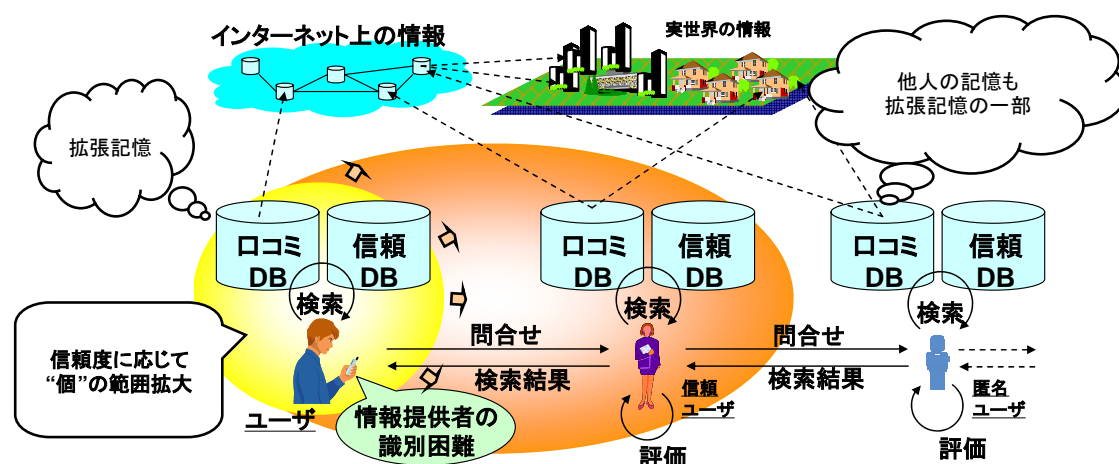



図-2 「拡張人間」の観点から見た信頼モデルコンセプト

上記のように匿名性を維持しつつ信頼度を伝播させる数式モデルとして、信頼度に応じて評価情報の重み付き荷重和を取ることによって

$$Trust_j(T) = f(\sum_{i=i}^{n} w_{ij} Trust_i(T) - \theta) = f(\sum_{i=0}^{n} w_{ij} Trust_i(T)) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (1)$$

と定式化した。ただし、$w_{ij}$ はユーザによるユーザの信頼度、$Trust_i(T)$ は事象 $T$ に関するユーザからの口コミ評価結果($Trust_0(T)=1$)、$\theta$ ( $= w_{0j}$ ) は閾値を表す。ここで $f$ は閾値関数を考える。これは知り合いに尋ねて得られた回答を回答者の信頼度に応じて判断を行うユーザ行為をモデル化したものである。数式モデルとしては単純パーセプトロンと同値である(図-3)。通信プロトコルとしては、「問合せ」「応答」「ユーザ結果評価」の 3Way 方式とした(図-4)。

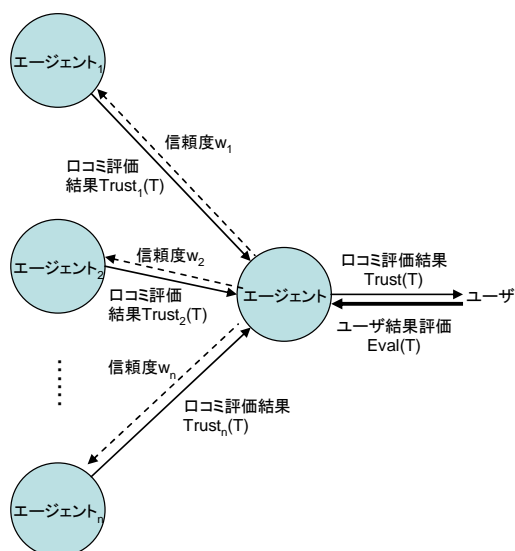
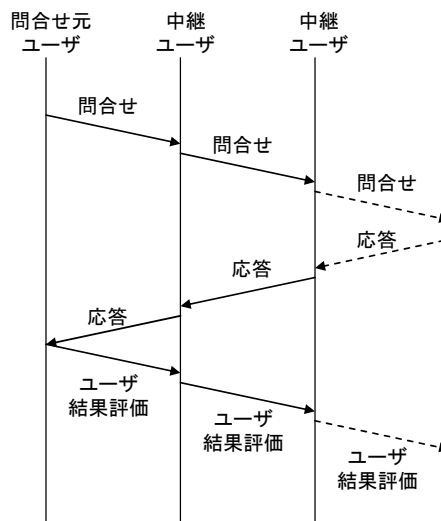



図-3 信頼度に基づく口コミ評価のためのモデル　　図-4 信頼伝播のための 3Way プロトコル

得られた口コミ評価結果に対するユーザ結果評価 $Eval_i(T)$ は問合せ経路に沿ってフィードバックする。フィードバックによって式(2)に従って信頼度 $w_{ij}$ を逐次更新する。

$$w_{ij} \leftarrow w_{ij} + \eta(Eval_j(T) - Trust_j(T))Trust_i(T) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (2)$$

このモデルは $Trust_i$ をユーザ $i$ が評価したものなのか、信頼パスの上流から伝播した結果の値なのか区別がつかないため、個人特定困難な匿名化によるプライバシー保護が実現できる。

上記に述べた単純な検索アルゴリズムでは、信頼関係のネットワークがツリー状の場合には問題がないが、通常は「友達の友達とも友達」といった形でネットワーク中にループが存在しうる。このようなループを持つネットワーク上で単純な検索要求を実施すると、検索要求がループを回り同じ検索を何度も行ってしまう可能性がある。また、信頼度評価や信頼度更新では木構造の一方向性グラフを前提としている。そこで、このような重複検索を防止するために、検索メッセージに固有な ID（メッセージ ID）をもうけ、以前に検索実績のある検索要求に対しては検索を実行しない抑止機能を盛り込み、信頼ネットワークの木構造化を行った(図-5)。

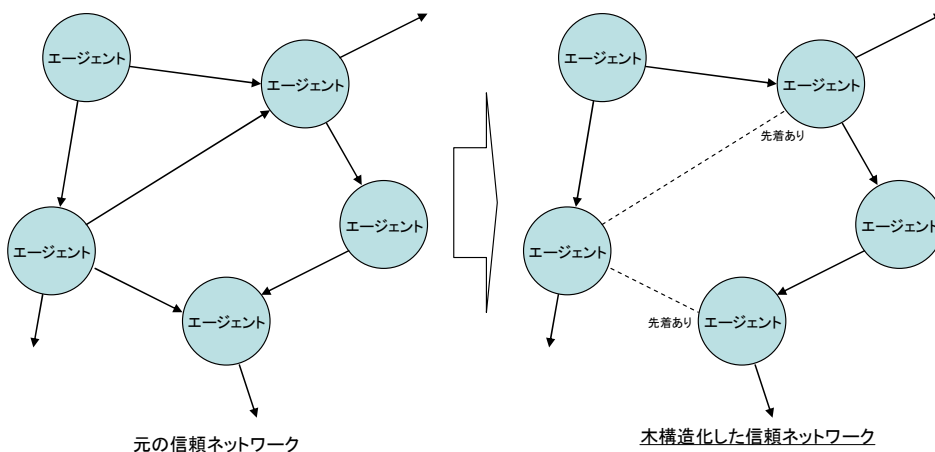



図-5 信頼ネットワークの木構造化

1.2 モデルの評価

ケーススタディを通じて上記モデルの評価を行った。具体的には、ある信頼関係のネットワークを仮定した場合に、信頼度をリンク流量とした最大流(Maximum Flow)を基準(理想値)として誤差を評価した。評価の結果、信頼度更新によって誤差が減少することが確認できた。すなわち匿名性を維持したままでも個人特定可能な状態に近いレベルで口コミ情報の信頼度を評価できる見通しを得た。

1.3 プロトタイプシステムの構築

1.3.1 P2P ベースシステム

試作したプロトタイプの機能概要を図-5 に示す。プロトタイプは大きくは、

(1)P2P 通信を行う通信機能

(2)口コミ情報、信頼関係情報を登録するデータベース(DB)へのアクセス機能

(3)口コミ情報を検索し信頼度を逐次評価する問合せ機能(問合せエンジン)

の三つの機能からなる。あるノードから発せられた検索要求に基づき、 信頼 DB に登録されているノードに検索問合せを行う。要求されたノードは自らの口コミ DB の中に該当する情報があるかどうか検索し、該当情報があれば信頼度評価結果とともに要求元ノードに応答する。これを指定されたホップ数だけノード間検索要求を繰り返す。

プロトタイプは様々な計算機プラットフォームで動作できることを狙い、Java を用いて実装した。

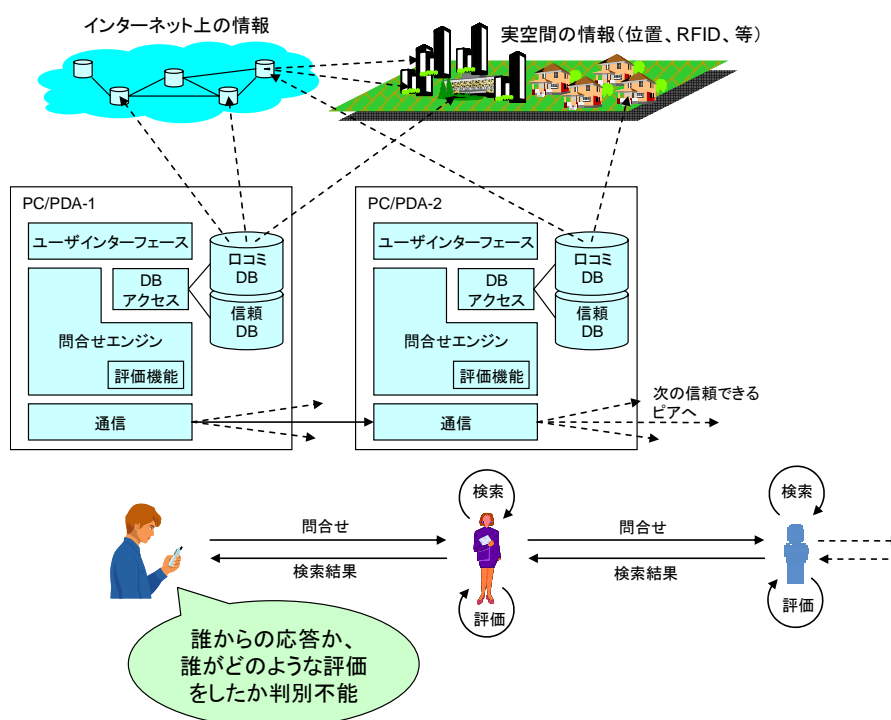



図-6 P2P 型プロトタイプの機能概要

1.3.2 Web ベースシステム

上記で述べた P2P 型システムは個人情報が分散管理されており匿名性が高い点がメリットとして挙げられるが、現時点では無線 LAN 機能を搭載した PDA またはノート PC を各ユーザが保持していることが前提となってしまい、また、各ユーザ端末に事前に専用のソフトウェアをインストールしておくことが前提となってしまうことから、屋外での一般ユーザによる利用には敷居が高いことが問題であった。

そこで、現時点でも一般ユーザが日常的に利用しているネットワーク接続可能な情報端末として携帯電話を想定し、携帯電話からでも P2P 型システムと同様な機能が利用できるようにアーキテクチャを変更した。すなわち、一つの Web サーバ上に仮想的な P2P ネットワークを構築し、携帯電話からはネットワーク経由でこの仮想的な Peer に対してアクセスを行う形式とした(図-7)。

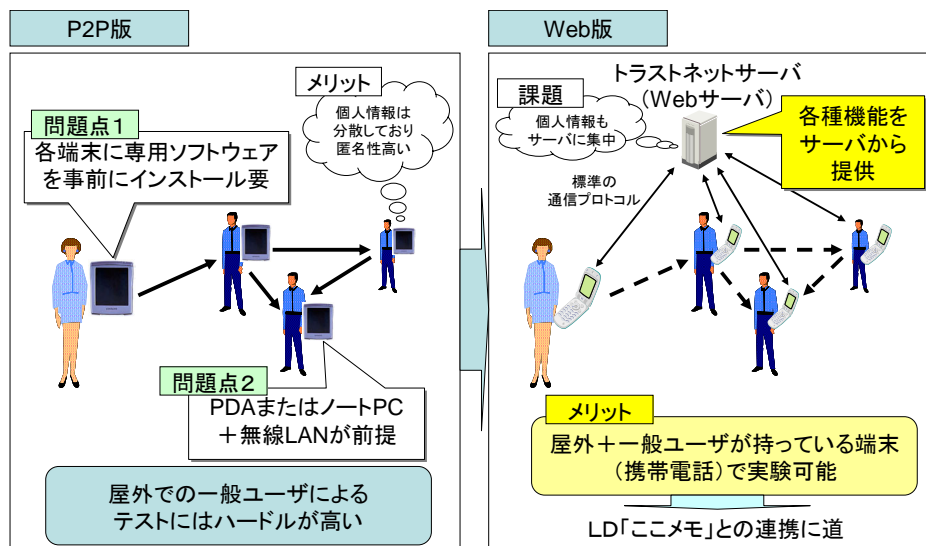



図-7 P2P 型から Web 型への変更・拡張

1.3.3 「ここメモ」との連携

口コミ情報共有の一つの形態として、LD-ST で検討された発見型コミュニケーションツール「ここメモ」を用いた地域コミュニティにおける情報共有が考えられる。そこで、Web 型システムの応用アプリケーションとして、ここメモに関連した信頼できる口コミ情報を人間関係のネットワークを用いて収集し、②で構築したシステムによって情報の信頼度に応じて収集した情報をランキングできるようにした(図-8)。人間関係のネットワークは個々人で異なるため、同じ検索要求であってもランキング結果はユーザごとに異なる点が特徴となっている。

図-8 LD-ST 開発「ここメモ 2」と「トラストネット」の連携画面イメージ

2. コミュニティ形成モデル

ユビキタス情報社会の到来は、我々により自由な情報発信の機会を与えてくれるようになり、かつ多種多様な情報の受信と処理を要求してくるものと思われる。現在人気を博している匿名掲示板や Blog などは人が情報を発信したいという潜在的要求が発露したものであり、今後ますますネットワークに発信される情報は増大し、ネットワークの通信負荷、特にサーバにかかる負荷は増していくものと予想される。本研究項目では、増大する通信負荷に対応するため P2P ネットワークの適用

を想定し、ローカルなコミュニティと同コミュニティを代表するノードを自動的に動的に編成し、同コミュニティの代表ノード同士を最適化アルゴリズムに基づいて接続を決定する P2P ネットワーク構築方法について研究を行った。

2.1 コミュニティの形成と P2P ネットワーク

ユビキタス情報社会においては、人、機器、サービスプロバイダがネットワークを介して情報交換を行うことや、サービス提供を行うことが想定され、その通信負荷はますます大きなものになると予想される。このため、ユビキタス情報社会の情報通信には、局所性、即時性が強く求められる。このような状況におけるネットワークとしては、著作権侵害などの弊害が指摘されてはいるが、情報を集中管理するサーバ・クライアント方式のネットワークよりも、情報を分散管理可能な P2P によるネットワークが適している。P2P ネットワークは、情報発信者の特定が困難であるという特徴も持ち、これは自由な発信による情報共有を実現できるという点においても有用である。現在の P2P ネットワークは、特定のサーバ装置を中心のノード（以下、サーバ装置に限らずP2Pのネットワークに参加する装置をノードと呼ぶ）とした中央集中管理型によるネットワークトポロジーを構成するものや、コアとなるネットワークを構成する複数の特定のノードから放射状に末端のノードが接続する方法がとられている。しかしながら、こうした P2P ネットワーク構築方法は、動的に変化する通信量に応じてネットワークの構成を変化させる機能を備えておらず、ユビキタス情報社会における情報通信の氾濫に対応するには不十分なものとなっている。

そこで、本研究項目では、位置的に近いもの同士で編成されるローカルなコミュニティの自動生成と、同ローカルコミュニティの代表となるノード同士の接続を最適化アルゴリズムに基づいて決定するという二つの特徴を持つ P2P ネットワークの構成方法について検討を行った。前者の特徴は、ユビキタス情報社会において普及が予想される状況に依存した情報サービスが状況を特定する情報として位置情報を利用している、ということを考慮している。位置的に近いもの同士でローカルなコミュニティを形成することにより、遠隔地への情報検索のメッセージや情報コンテンツを無用に流出させることなく、情報通信を実現することが期待できる。また、後者の特徴は、遠隔地同士のコミュニティが情報通信を行う場合に、情報通信の負荷が特定のノードに集中することを避け、ネットワーク全体で見て負荷の平準化が可能な代表ノードからなる P2P ネットワーク(基幹ネットワーク)のトポロジーを実現することが期待できる。図-9 は、本研究項目が考える P2P ネットワークのトポロジーである。図-1 に示したノードの他に、この P2P ネットワークへの参加する時の問合せに応える一つの管理ノードが存在している。なお、管理ノードでは、最適化アルゴリズムに基づく最適化計算も行う。

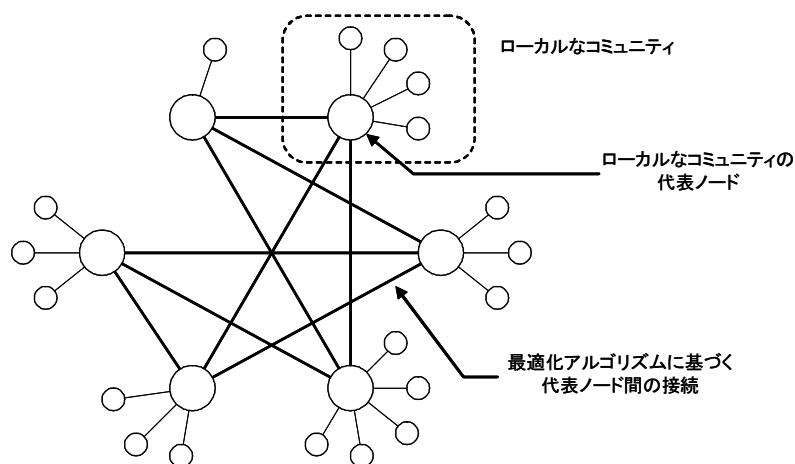



図-9 P2P ネットワークのトポロジー

2.2 ネットワークの構成方法

以下、2.2.1 と 2.2.2 にて、図-9 の P2P ネットワークを構成する方法について、ローカルなコミュニティの自動生成方法と、代表ノード間の接続決定方法について述べる。

2.2.1 ローカルなコミュニティの自動生成方法

まず、P2P ネットワークに新たなノードが参加を要求する場合の振る舞いについて述べる。

本研究項目の P2P ネットワークに参加を要求するノードが発生した場合、同ノードはまず管理ノードにネットワーク参加要求を送信する。管理ノードは、P2P ネットワークを構成するローカルなコミュニティの代表ノードのアドレスなどの位置を把握しているものとする。管理ノードは、参加を要求するノードに対して隣接すると思われる代表ノードを適当数選択して同ノードに提示する。参加を要求するノードは、提示された代表ノードと通信を行うことによりネットワーク上の距離（ホップ数）を測り、ある閾値以下の距離の代表ノードの中から最も近い代表ノードを選択する。提示された代表ノードとの距離が全てある閾値以上であった場合は、参加を要求するノードは参加すべきローカルなコミュニティがないと判断し、自身が代表ノードとなって独立したローカルなコミュニティとなる。参加を要求するノードは、最も近いと判断した代表ノードに対して、同代表ノードのローカルなコミュニティへの参加を要求し、代表ノードは参加を要求するノードを自身が代表するローカルなコミュニティに加え、同ノードから他のノードへの通信を全て媒介する。

次に、ローカルなコミュニティからの代表ノードの自動選択の方法について述べる。

本研究項目の P2P ネットワークにおけるローカルなコミュニティでは、一定時間が経過した後、もしくはローカルなコミュニティからノードが離脱した後に、その時点でのローカルなコミュニティの代表ノードが、次式に基づいて次の代表ノードになるべきノードを決定する。

$$K = \exists k \ s.t. \min_{k,k\neq 0}\left\{\sum_{i=0}^{n}\left(d_{ik}\times\sum_{j=0}^{n}c_{ij}+\sum_{j=0,j\neq k}^{n}c_{ij}d_{kj}\right)\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (3)$$

ここで、$k = 1, .. n$ はノードの番号を表し、$K$ が代表ノードの番号である。$d_{ik}$ は、ノード $i, j$ 間の距離であり、$c_{ij}$ はノード $i, j$ 間の通信量を表す。上式により、その時点のローカルなコミュニティの代表ノードが他のノードに移る場合は、代表ノードの委譲を行い、かつ管理ノードと他のローカルなコミュニティの代表ノードにこの委譲を伝達する。

2.2.2 基幹ネットワークの最適化

基幹ネットワークは、各ローカルなコミュニティの代表ノードからなる P2P のネットワークである。本節では、基幹ネットワークの構成方法について述べる。

本研究項目の P2P ネットワークの構成方法では、全ての代表ノードの存在を把握している管理ノードの存在を前提としている。管理ノードは、一定時間が経過した後、もしくは代表ノードの離脱や委譲を検知した後に、以下のように定式化される最適化問題を解くことにより、代表ノードからなる基幹ネットワークのトポロジーを決定する。この最適化問題は、代表ノード間の通信要求 $r$ ごとのフローの伝達経路を決定する多品種流の最小費用流問題として定式化することができる。

$$\min_{x} \quad f_P(x) = \sum_{r\in R}\sum_{i\in N}\sum_{j\in N}(x_{ij}{}^{r}c^{r}d_{ij}) \cdots\cdots\cdots \quad (4)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j\neq i}x_{ij}{}^{r} - \sum_{k\neq i}x_{ki}{}^{r} = b_i{}^{r} \cdots\cdots\cdots \quad (5)$$

$$b_i{}^{r} = \begin{cases} 1 & \text{if } i = s(r) \\ -1 & \text{if } i = t(r) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \cdots\cdots\cdots \quad (6)$$

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } \sum_r (x_{ij}{}^{r} + x_{ji}{}^{r}) > 0 \\ 0 & \text{if } \sum_r (x_{ij}{}^{r} + x_{ji}{}^{r}) = 0 \end{cases} \cdots\cdots\cdots \quad (7)$$

$$\sum_{j\neq i} z_{ij} \leq l \cdots\cdots\cdots \quad (8)$$

$$x_{ij}{}^{r} \in \{0, 1\} \cdots\cdots\cdots \quad (9)$$

式(4)は、本最適化問題の評価式である。$d_{ij}$ は代表ノード $i, j$ 間の距離を表し、$c^r$ は通信要求 $r$ の通信量（実績もしくは見込み）を表す。$x_{ij}{}^{r}$ は、通信要求 $r$ の伝達経路が代表ノード $i, j$ 間の接続を通るか否かを示す決定変数であり、式(9)のように、通る場合は 1 を、通らない場合は 0 の値をとる。式(4)ではこれらを乗算し、$r, i, j$ で積算したものを評価値としている。

これにより、式(4)を最小化することを目的とする本最適化問題は、式(4)の観点から適切に負荷分散されたネットワーク流すなわちネットワークのトポロジーを決定することができる。式(5)は、本多品種流最小費用流問題における流量収支条件の式である。式(5)の右辺は、通信要求 $r$ の発生ノード（始点）で 1 の値をとり、消滅ノード（終点）で-1 の値をとり、その他のノードでは 0 の値をとる（式(6)）。また、式(7)の $z_{ij}$ は、ノード $i, j$ 間の接続が一つ以上発生する場合に 1 の値をとり、ノード $i, j$ 間の接続が発生しない場合に 0 の値をとる変数であり、式(8)において各ノード $i$ における $z_{ij}$ の和がある一定数以下であるという制約式を構成している。これにより、本最適化問題においては、基幹ネットワークを構成する代表ノードはある一定数以下の他の代表ノードとのみ接続を行う P2P ネットワークが構成される。管理ノードは、上記最適化問題を解いた結果を全ての代表ノードに通知することにより、基幹ネットワークのトポロジーの更新がなされる。

## 3. ユーザ理解モデル

### 3.1 ユーザ行動に適合的な情報フィルタリングシステム

各種センサが取得するコンテキスト（状況）に基づいてサービスを自動適合させる、いわゆる状況依存型サービスの研究分野では、位置依存（location-aware）システムの開発が活発である「引用文献 6.」。多くはユーザの現在位置を条件として提供サービスの内容をカスタマイズするものであるが、その一方で、日常生活を通じて計測した位置情報の履歴にはユーザの日々の行動特性が反映されていると考えることが自然である。このような位置情報は単に現在位置を判断するための情報源としてだけでなく、ユーザの行動特性をより深く解釈する情報源としても有益である可能性が高い。そこでユーザ理解モデルに関する本研究項目では、位置情報の履歴からユーザ行動パターンを理解し、情報の表示優先度を興味の短期傾向・長期傾向に適合させる情報フィルタリングシステムを検討した。本システムはユーザが常時携帯する GPS 付きの移動情報端末と、共有情報を蓄積・提供するサーバからなる（図-10）。

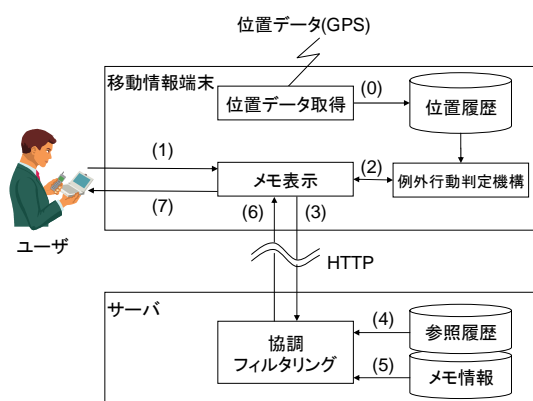



図-10 ユーザ行動に適合的な情報フィルタリングシステムの概要

本システムは以下の二つの機能をユーザに提供する。

（1）測位機能

ユーザの現在位置（GPS の計測データ）を定周期で位置履歴データベースに蓄積し続ける機能である（図-10 のシーケンス(0)）。ユーザが明示的にオフにしない限り常時起動されている。

（2）情報取得機能

移動情報端末を通じてユーザに情報を提供する機能である。ユーザの行動の短期傾向・長期傾向を特定した上で、端末が特定のサーバから共有情報を優先度付きで取得し、ユーザに対して提示する（図-10 のシーケンス(1)～(7)）。

情報取得機能は、本研究項目で開発した例外行動判定機構と協調フィルタリング「引用文献 7.」を用いて実現する。最近の位置履歴を基に例外判定機構がユーザの興味が短期傾向に基づいたものか、長期傾向に基づいたものかを、空間的な行動パターンによって判定し、その結果に基づいて協調フィルタリングに与える入力データを制御する。以下に詳細を説明する。

3.2 例外行動判定機構

3.2.1 アルゴリズム

本システムでは、情報を取得するユーザの興味傾向を、仕事、趣味、生活スタイルのような容易には変容しない長期傾向と、その時々の状況を反映した短期傾向に 2 分類して扱う。本研究項目では、例外行動判定機構の開発にあたり、ユーザの行動と興味傾向の関係に関する以下の仮説を与えた。

- ユーザがいつもの行動をとっている時、その時に持っている興味は長期傾向に基づいている。
- ユーザが例外的な行動をとっている時、その時に持っている興味は短期傾向に基づいている。
- 日常生活におけるいつもの行動と例外的な行動の違いは、空間的な行動パターンの違いとして観測できる。

図 10 の位置履歴に格納される位置データは、GPS で計測した緯度、経度および測位時刻からなるベクトルデータである。例外行動判定機構の処理では、これらの位置データを用いて最近の行動を過去に照らし合わせ、いつもの行動か、例外的な行動かを判定することになる。ただし利用の手間を考えると過去のどの位置データが「いつもの行動」に該当し、「例外的な行動」に該当するかをユーザに指示させることは期待できないため、従って例外行動判定を 2 カテゴリーの識別問題として扱うことは難しい。一方、予め位置データにカテゴリーを与えずに適当な部分集合に分割する分類問題として扱う場合は、それぞれの部分集合を「いつもの行動」「例外的な行動」と関連付けることが困難である。

そこで本研究項目では、位置データ全体に対して「いつも」「例外」というカテゴリー分けを与えるのではなく、その時々に着目している最近の位置データが、全体と比較してどの程度まれであるかを測ることにより行動の例外さを測ることとする。すなわち、現在地の近傍に存在する過去の位置データに基づいて現在地の馴染み度を評価することになる。このような例外行動判定処理のアルゴリズムとして以下の二つを提案する。

(1)過去の訪問領域に基づいたアルゴリズム(Region-based Behavior Detection (RBD) Algorithm)

ユーザの現在位置の近傍 c に、$F$ 回以上訪れたことがあればいつもの行動、$F$ 回未満であれば例外行動とする。$c$ の近傍は $c$ を中心とする半径 $D$ の円領域で与える。$F$ は、現在から $T_f$ 時刻前までの位置データ $l$ それぞれの近傍に存在する他データの個数の平均で与える。$D$, $T_f$ はシステムパラメータである。RBD アルゴリズムを以下に示す。$L_c$ は候補近傍データの集合であり、各候補近傍データは時刻 $t$、緯度 $x$、経度 $y$ からなるベクトルである。$L_c$ を得る手続き *CandidateNeighbor* については後述する。

(2)過去の通過経路に基づいたアルゴリズム(Path-based Behavior Detection (PBD) Algorithm)

ユーザが最近通過した経路 $P$ を、過去にも $F$ 回以上通過していればいつもの行動、$F$ 回未満であれば例外行動とする。ここで、$P$ は現在から $T_p$ 時刻前までに通過した位置の系列、$F$ は現在から $T_f$ 時刻前までの $P$ の発生頻度である。$T_p$、$T_f$、$F$ はシステムパラメータである。

図-11 および図-12 に RBD、PBD アルゴリズムの詳細を示す。

```
RBD Algorithm
1)node ← the root node of spatial index
2)L_c ← CandidateNeighbors(node, c)
3)f ← 0
4)for each l in L_c do
5)   if l_t ≥ T_f then
6)        if sqrt((c_x − l_x)^2 + (c_y − l_y)^2) ≤ D then f ← f + 1
7)if f ≥ F then return true else return false
```

図-11 RBD アルゴリズム

```
PBD Algorithm
1)node ← the root node of spatial index
2)L_c ← CandidateNeighbors(node, p^(n))
3)f ← 0
4)for each l in L_c do
5)   if l_t < T_f then continue
6)   l^(c) ← l
7)   for (i ← n; i ≥ 1; i−−) do
8)      found ← false
9)      while (sqrt((p_x^(i) − l_x^(c))^2 + (p_y^(i) − l_x^(c))^2) ≤ D) do
10)          l^(c) ← previous location of l^(c)
11)          found ← true
12)     if found = false then break
13)  if i = 0 then f ← f + 1
14)if f ≥ F then
15)  return true
16)else
17)  return false
```

図-12 PBD アルゴリズム

### 3.2.2 提案空間インデクス法

RBD、PBD アルゴリズムを実装した例外行動判定機構は原理上、移動情報端末、サーバのどちらにあっても良いが、前者の場合一般に低速な CPU パワーしか期待できず、また後者ではサーバ側で多数のユーザに対する例外行動判定処理が求められる。現在地の近傍データを位置履歴から距離ベースで検索する *CandidateNeigbor* 手続きが RBD、PBD アルゴリズムの共通処理であるが、これが最も計算時間を要する処理となる。そこで情報取得機能のレスポンスを確保するため、二次元の位置データに特化した新たな空間インデクス法を開発した（図-13）。

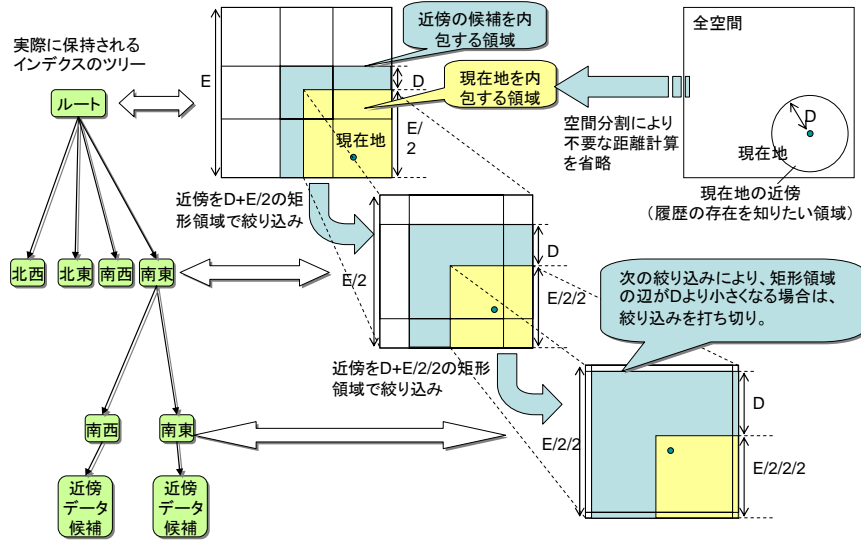



図-13　提案空間インデクス法の概要

InsertData(location data $l$, current node $n$, current mesh size e)
1)$e \leftarrow e/2$
2)*if* $(e + D)/2 \le D$ then
3)　insert $l$ into $n$　　　// n is a leaf node
4)　return
5)$Ox \leftarrow$ origin X of n
6)$Oy \leftarrow$ origin Y of n
7)if $l$ is in mesh$(O_x - D, O_y - D, O_x + e + D, O_y + e + D)$ then
8)　if $n$ has no child node $n_{sw}$ that holds mesh above then
9)　　$n_{sw} \leftarrow$ create new node
10)　　inisiate origine of $n_{sw}$ by $O_x$ and $O_y$
11)　InsertData$(l, n_{sw}, e)$　// recurrent call
12)if $l$ is in mesh$(O_x + e - D, O_y - D, O_x + 2e + D, O_y + e + D)$ then
13)　if $n$ has no child node $n_{sw}$ that hold mesh above then
14)　　$n_{sw} \leftarrow$ create new node
15)　　inisiate origine of $n_{sw}$ by $O_x$ and $O_y$
16)　InsertData$(l, n_{sw}, e)$　// recurrent call
17)if $l$ is in mesh$(O_x - D, O_y + e - D, O_x + e + D, O_y + 2e + D)$ then
18)　if $n$ has no child node $n_{ne}$ that holds mesh above then
19)　　$n_{ne} \leftarrow$ create new node
20)　　inisiate origine of $n_{ne}$ by $O_x$ and $O_y$
21)　InsertData$(l, n_{ne}, e)$　// recurrent call
22)if $l$ is in mesh$(O_x + e - D, O_y + e - D, O_x + 2e + D, O_y + 2e + D)$ then
23)　if $n$ has no child node $n_{ne}$ that holds mesh above then
24)　　$n_{ne} \leftarrow$ create new node
26)　　inisiate origine of $n_{ne}$ by $O_x$ and $O_y$
26)　InsertData$(l, n_{ne}, e)$　// recurrent call

図-14 InsertData 手続き

CandidateNeighbors(location data $l$, current node $n$,
current mesh size e)
1)$e \leftarrow e/2$
2)$Ox \leftarrow$ origin X of n
3)$Oy \leftarrow$ origin Y of n
4)if $l$ is in mesh$(O_x, O_y, O_x + e, O_y + e)$ then
5)　if n is leaf node $n_{sw}$ then
6)　　return set of location data stored in $n_{sw}$
7)　else
8)　　return Φ　　　// empty set
9)　CandidateNeighbors$(l, n_{sw}, e)$　　// recursive call
10)else if $l$ is in mesh$(O_x + e, O_y, O_x + 2e, O_y + e)$ then
11)　if n is leaf node $n_{se}$ then
12)　　return set of location data stored in $n_{se}$
13)　else
14)　　return Φ　　　// empty set
21)　CandidateNeighbors$(l, n_{se}, e)$　　// recursive call
16)else if $l$ is in mesh$(O_x, O_y + e, O_x + e, O_y + 2e)$ then
17)　if n is leaf node $n_{nw}$ then
18)　　return set of location data stored in $n_{nw}$
19)　else
20)　　return Φ　　　// empty set
21)　CandidateNeighbors$(l, n_{nw}, e)$　　// recursive call
22)else
23)　if n is leaf node $n_{ne}$ then
24)　　return set of location data stored in $n_{ne}$
25)　else
26)　　return Φ　　　// empty set
27)　CandidateNeighbors$(l, n_{ne}, e)$　　// recursive call

図-15　CandidateNeighbor 手続き

提案空間インデクス法は 2 次元データの距離ベース検索に特化しており、データが存在する領域を階層的にメッシュ分割することによりツリー状のインデクスを構成する。すなわち、データの集合ではなく、データが存在する空間自体をメッシュに分割する(水平軸、垂直軸を 2 分割)。階層の深さが同じメッシュは、予め指定した近傍距離定義 $D$ の分だけ重複している。そのため 1 個の位置データは、最大で 4 個のリーフノードに対応付けられる。提案手法は高次元の空間データでは保持すべきメッシュ数が増大するため、メモリ効率上現実的ではないが、2 次元の位置データ(点データ)に特化しており、従来の R-Tree、Quadtree 等の従来の空間インデクス法「引用文献 8.」と比較して次の特長がある。まず第 1 に、検索時はリーフノードを 1 個特定するだけで、距離 $D$ 内にある近傍データを全て特定できる。第 2 に、構成されるツリーの構造はデータの登録順によらず一定であるため、ノードのマージ・スプリット等をせずともツリーをバランスさせることができ、処理性能が安定している。

提案手法における空間インデクスの構築(更新)手続き *InsertData*、およびインデクスを用いた *CandidateNeighbor* 手続きを図-14 および図-15 に示す。ただし *InsertData* 手続きは、測位機能において位置履歴を更新する際に呼び出される。

### 3.3 協調フィルタリングの制御方法

例外行動判定機構は、ユーザの最近の行動が「いつもの行動」「例外行動」のどちらであるかを判定結果として与える。「いつもの行動」である場合、協調フィルタリングは時刻 $T_a$ から現在までに発生したユーザの参照履歴と、他ユーザの全ての参照履歴を用いて情報の表示優先度を決定する。一方、「例外行動」である場合、時刻 $T_e$ からまでに発生したユーザの参照履歴と、他ユーザの全ての参照履歴を用いて表示優先度を決定する。$T_a$、$T_e$ は $T_a < T_e$ のシステムパラメータである。

### 3.4 プロトタイプの試作と評価

ユーザ行動に適合的な情報提供システムのプロトタイプを試作し、実現性を検証した。移動情報端末には PDA を用い、サーバには一般的な HTTP サーバを用いた。PDA のスペックは CPU の駆動クロック 400MHz、メインメモリ 128MB である。例外行動判定処理の基本的な性能を見るため、例外行動判定機構にはアルゴリズム RDB を実装し、処理上のボトルネックとなる近傍データ検索の時間を計測した。実験結果の抜粋を表-1 に示す。

表-1 は、50 km 四方の領域内でランダムに発生させた疑似測位データを用いて、現在地から 1 km 以内の最近傍データを検索し、実行時間を計測した結果である。現在地をどこにとっても、ツリーのリーフノードに到達するまでの処理量は一定であるため、近傍データ検索の基準となる現在地は履歴データからランダムに 1 個を選んでいる。毎秒 1 回で測位する場合位置履歴は半年で 1,500 万件程度となるが、この程度のデータ規模でも例外行動判定処理で十分なレスポンスを確保できることが確認された。その他、メモリ効率に関してもあわせて評価し、協調フィルタリングも含めたシステム全体として良好な性能で動作することを確認した。

**表-1 近傍データ検索の実行時間**

**実行時間の単位:msec**

| | 位置履歴の格納件数 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $10^4$ | $10^5$ | $10^6$ | $10^7$ | $10^8$ |
| 総当たり検索 | 41 | 421 | 4,196 | 41,669 | 415,850 |
| 提案検索手法 | 1 | 6 | 62 | 630 | 6,252 |

## ■考 察

ユビキタス情報社会においては、ウェアラブルデバイスの出現、環境組み込みデバイスの出現、仮想世界への人の活動領域の拡大が予想され、従来の固定した目的のために運用されていたシステムの整備から、拡張しつつある個人・周辺環境・集団に対してシステムの基本機能としての把握・計画・通信・制御などを実現していく必要があるようになってきている。これらの事態はユビキタス情報社会に生きる我々に、個人の能力の拡張、個人の周辺環境の機能の拡張、集団関係を構築する機能の拡張を求めてきている。このような背景をもとになされたのが本研究テーマのユビキタス情報デバイス群のア

ルゴリズムに関する研究であり、本研究においては特にユビキタス情報社会における人やデバイスなどのユーザによる大量の情報交換・情報共有の実現を切り口として前記の個人の能力の拡張等の実現手段について研究を行ってきた。具体的には、個人の集団関係を構築する機能の拡張としてユーザ同士の信頼関係を定量的に評価することにより情報の質の観点から情報伝達の効率性を向上させる信頼モデルに関する技術、およびネットワークトポロジーの構築に工夫を加えることにより情報の量の観点から情報伝達の効率性を向上させるコミュニティ形成モデルに関する技術、個人の能力の拡張として大量の情報の中からユーザにとって真に欲する情報を取捨選別し状況依存サービスを実現するユーザ理解モデルに関する技術について検討を行った。これにより、人とデバイスと集団の連携を支える情報基盤システムの基本機能の一部の実現に寄与できたと考える。個人の周辺環境の機能の拡張に関しては、本研究プロジェクトの他サブテーマ「ユビキタス情報基盤の相互運用技術に関する研究」において要素技術の研究が進められているが、システム技術的検討を加えられなかった点は今後の課題である。

以下では、本研究テーマのユビキタス情報デバイス群のアルゴリズムに関する研究における研究項目個別での考察について述べる。

本研究テーマにおける信頼モデルに関する技術によるシステムは、実際の知り合い同士による小規模なウェットコミュニティを連鎖的につなぐことで質の高い情報を共有する枠組みと位置づけられる。個々のウェットコミュニティは小規模でも、それらを連鎖的につなぐことで結果的には大規模なコミュニティが形成される可能性があることも興味深い。プライバシー保護の観点から考察すると、前述の通り、本信頼モデルによるシステムでは発信者と転送者が区別できなくなるという意味での匿名情報共有を行っている。ただし厳密には、上記のメッセージ ID が常時外部からアクセス可能になると、メッセージ伝播経路を外部からトレースすることが可能になり発信者の匿名性が保てなくなる。そのため、メッセージIDはローカルなP2P通信でのみ共有し、検索要求抑止用に保存する場合にも第三者からはアクセスできないセキュアな領域に保存するか、内容が暴露しないように暗号化するか、等の対策が必要である。また、時刻をキーとした乱数を ID に組み合わせることによって、メッセージ ID の一時性を保証し、仮に暗号解読などでメッセージ ID が漏洩した場合にも後からはトレースできないように配慮した。信頼関係情報は基本的には個人情報として扱い、各個人によるアクセスのみを受け付けるようにアクセス制御を行う必要がある。P2P での問合せ時にも、検索要求と信頼関係情報を用いた次の問合せは独立した処理となるように配慮する必要がある。

本研究テーマにおけるコミュニティ形成モデルに関する技術は、ユビキタス情報社会における情報交換の基盤的情報伝達手段として P2P ネットワークを想定し、P2P ネットワークによる発信者と転送者が区別できなくなるという意味での匿名性の特徴を保持しつつ、ユビキタス情報社会における大量の情報伝達をローカルなコミュニティの形成と最適化アルゴリズムに基づいた前記コミュニティの代表からなる基幹ネットワークの構成に関して数学モデルの検討を行い、受発信時のプライバシーを配慮して対称的な関係を保つ情報伝達手段を提供した。しかしながら、本研究テーマにおいては研究目標に含めてはいないが、昨今の著作権を無視するかのような電子データの流通や、デマ情報・倫理的に不適切な情報などの流布などの状況を考慮すれば、本研究テーマにおいて検討を行った前記対称的なネットワークにおいて情報発信者と受信者の責任と義務に関する概念のモデル化が本研究テーマによるシステムの実現の上で大きな課題となるであろう。

また本研究テーマにおけるユーザ理解モデルの研究では、ユビキタス環境を想定したサービス自動適合技術の一つとして、位置情報の履歴を基にユーザの「いつもの行動」と「例外的行動」を解釈し、出力をユーザに適合させる情報フィルタリングのシステムを検討した。提案情報フィリタリングシステムは、他人の評価実績（参照履歴）を参考にお奨め情報を取捨選別する、という従来の協調フィルタリングのフレームワークに状況依存型サービスの考え方を導入し、自分自身のその時々の興味傾向を反映させる手段を提供した。実機上において RBD アルゴリズムを評価した結果、大量の位置履歴に対しても例外行動判定が可能であることが示された。また、プロトタイプでは移動情報端末として PDA を用いたが、近年は携帯電話の性能向上がめざましく、将来的には有望なプラットフォームになると思われる。ただしユビキタス情報社会ではユーザの行動に関する情報を与えるのは位置データに限らない。今後の課題としては、各種センサデータの活用が挙げられ、またあわせて情報共有、広告配信等の実システムに近い形でのユーザテストが必要であると考える。

## ■引用文献

1. Seiichi Shin:「Machines Meet Human Beings」, Proc. of SICE Annual Conference 2003, (2003)
2. Vladislav Shkapenyuk, Torsten Suel:「Design and Implementation of a High-Performance Distributed Web Crawler」, Proc. of the 18th International Conference on Data Engineering (ICDE 02), (2002)
3. Sergey Brin, Lawrence Page:「The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine」, http://www-db.stanford.edu/pub/papers/google.pdf
4. Ziegler, C.N., Lausen, G.:「Spreading Activation Models for Trust Propagation」, Proc of the IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce, and e-Service, Taipei, Taiwan, IEEE Computer Society Press, (2004)
5. 竹内亨，鎌原淳三，下條真司，宮原秀夫:「ユーザの関連性を用いた情報伝播モデルの評価実験」，情報処理学会研究報告 2001-DBS-125(I), Vol.2001, No.70, 169-176, (2001)
6. Nigel Davies, Keith Cheverst, et al.:「Using and Determining Location in a Context-Sensitive Tour Guide」, IEEE Computer, Vol.34, No.8, pp.35-41, (2001)
7. Paul Resnick, Neophytos Iacovou, et al.:「GroupLens: An Open Architecture Collaborative Filtering of Netnews」, Proc. of the ACM 1994 Conference on Computer Supported Cooperative Work, Chapel Hill, pp.175-186 (1994)
8. 河野浩之:「位置情報システムにおける空間データ利用に関する検討」，人工知能学会研究会(SIG-FAI/KBS-J-36), pp.159-164, (2001)

## ■成果の発表

### 原著論文による発表

国内誌(国内英文誌を含む)

1. 福本恭，佐藤嘉則，本間弘一，薦田憲久:「ラグランジュ緩和法による GMPLS ネットワークの最適パス設計法」，電子情報通信学会論文誌(D-I)，掲載頁未定,(2005) <査読中>
2. 佐藤嘉則，福本恭，加藤博光，本間弘一，佐々木敏郎:「空間的行動パターンに適合する情報フィルタリングシステム」,情報処理学会論文，掲載頁未定, (2005)<査読中>

国外誌

該当なし

### 原著論文以外による発表(レビュー等)

国内誌(国内英文誌を含む)

1. Hiromitsu Kato, Yoshinori Sato, Takashi Fukumoto, Koujin Yano, Ken-ichiroh Kawakami, Koichi Homma, Toshiro Sasaki:「Toward System Technologies for the Ubiquitous Information Society」, Proceedings of SICE Annual Conference 2003 (SICE2003), 1366-1371, (2003)
2. Yoshinori Sato, Seiichi Shin, Hiromitsu Kato, Takashi Fukumoto, Koujin Yano, Ken-ichiroh Kawakami, Koichi Homma, Toshiro Sasaki:「Model-based Co-creation for Ubiquitous Information Society」, Proceedings of SICE Annual Conference 2004 (SICE 2004), 733-738, (2004)
3. Hiromitsu Kato, Takashi Fukumoto, Yoshinori Sato:「Anonymous Trust Propagation Model for Trustworthy Word-of-Mouth Information Filtering」, Proceedings of SICE Annual Conference 2005 (SICE2005),掲載頁未定, (2005) <査読中>
4. Yoshinori Sato, Takashi Fukumoto, Hiromitsu Kato, Seiichi Shin:「Information Filtering System based on Spatial Pattern for GPS Enabled Mobile Terminal」, Proceedings of SICE Annual Conference 2005 (SICE 2005), 掲載頁未定, (2005) <査読中>

5. Takashi Fukumoto, Yoshinori Sato, Hiromitsu Kato, and Seiichi Shin:「A Study of P2P Network Using Optimal Paths Design for Ubiquitous Information Society」, Proceedings of SICE Annual Conference 2005, (SICE 2005), 掲載頁未定, (2005)〈査読中〉

国外誌

1. Hiromitsu Kato, Yoshinori Sato, Takashi Fukumoto, Koichi Homma, Toshiro Sasaki, Motohisa Funabashi:「Trust Network-Based Filtering to Retrieve Trustworthy Word-of-Mouth Information」, Proceedings of 2nd Workshop on Security in Ubiquitous Computing, 5th International Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp 2003), (2003)
2. Yoshinori Sato, Seiichi Shin, Hiromitsu Kato, Takashi Fukumoto, Koujin Yano, Ken-ichiroh Kawakami, Koichi Homma, Toshiro Sasaki, Motohisa Funabashi:「Model-based Knowledge Co-creation for Designing Ubiquitous Information Society」, Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC 2004), 5651-5656, (2004)

**口頭発表**

招待講演

該当なし

応募・主催講演等

1. 佐々木敏郎:「『ユビキタス情報システム構成に関する研究』進捗報告」, 東京, やおよろずフォーラム 2004, 2004.2.20
2. 佐々木敏郎:「『ユビキタス情報システム構成に関する研究』進捗報告」, 東京, やおよろずフォーラム 2005, 2005.1.20

**特許等出願等**

1. 2003.3.3:「関連情報提供装置、ユーザ端末、および関連情報提供方法」, 福本恭, 本間弘一, 舩橋誠壽, 株式会社日立製作所, 特願 2003-56036
2. 2003.5.22:「案内情報提供システム」, 加藤博光, 川道拓東, 鮫嶋茂稔, 株式会社日立製作所, 特願 2003-144982
3. 2005.2.28:「口コミ情報共有装置」, 加藤博光, 佐藤嘉則, 福本恭, 株式会社日立製作所, 特願 2005-052244
4. 2005.3.9:「情報配信装置」, 佐藤嘉則, 福本恭, 本間弘一, 株式会社日立製作所, 特願 2005-064750
5. 2005.3.16:「ネットワーク通信方法およびネットワークシステム」, 福本恭, 佐藤嘉則, 本間弘一, 株式会社日立製作所, 特願 2005-074325

**受賞等**

該当なし

4. ユビキタス情報基盤の相互運用技術に関する研究

## 4.1. 知的情報環境インフラのミドルウェアに関する研究

東京大学大学院情報理工学系研究科
青山 友紀

慶應義塾大学大学院政策メディア研究科
徳田 英幸

株式会社日立製作所システム開発研究所
小泉 稔

### ■要 約

ユビキタス情報社会では、ユーザ中心で情報環境が構築できるインフラが整うことが期待されている。本研究では、状況に応じた情報デバイス連携を実現するとともに、社会的倫理やマナーに配慮した知的情報環境サービスの実現を目指し、状況認識システム、知的情報環境ミドルウェア、および、プライバシー保護について研究を実施した。具体的には、(1)段階拡張可能で高信頼な自律分散型屋内測位システム、(2)(1)で得られた位置などの状況に応じてデバイス間を連携させるためのミドルウェア、(3)デバイス間連携時に個人情報を安全に提供するための交渉プロトコルやカメラシステムの設計を行い、実システム構築を通じて有効性を検証した。

### ■目 的

本研究では、創発機能を備えた情報デバイス連携のためのミドルウェアの開発を行うことを目的とする。

まず、ユビキタス情報社会では、ユーザの周りには利用可能な電子機器やサービス、ネットワークインタフェースが複数存在し、ユーザはそれらをその場の状況(コンテキスト)に応じて切り替え、あるいは組み合わせて使用することができるようになると期待されている。しかし、ユーザの周りに利用可能な機器やサービスが増えれば増えるほど、人の手によってそれらを管理することが難しくなる。そこで、ネットワーク側がセンサなどの情報を元に自動的にユーザの置かれている状況を判断し、使用可能な機器やサービスを発見してそれらを自動的に切り替え、切り替えた機器間で情報やサービスの一貫性を保つための技術を開発することを目標とする。さらに、私的空間の情報化によって課題となるプライバシーについて、社会的倫理やマナーに配慮した問題解決方法を検討し、ミドルウェアでの保証方式について検討する。

### ■研究方法

研究目的を達成するための具体的な研究方法は以下の通りである。

1. 自律分散型屋内測位システムに関する研究

ユビキタスコンピューティング・テストベッド STONE ルームにおいて、青山・森川研究室で開発した位置情報取得システム DOLPHIN を用い、位置情報取得システムを広域に展開するためのシステムの検討、および実装を行った。超音波を用いた屋内位置測位システムの代表的なものには、Active Bat「引用文献1.」や Cricket「引用文献2.」などがある。しかしなが

らこれらのシステムは、位置基準となるセンサを多数天井に配置し、正確な位置を設定しておく必要がある。そのため、このようなシステムを大規模なオフィスビルなどに適用した場合、設置コストや労力が無視できない。そこで、本研究ではこれまで、必要最低限の位置基準の正確な位置を設定するだけで屋内位置情報を取得可能な空間を構築できるシステムとして、自律分散型屋内測位システムの研究を行ってきた。本研究では「引用文献 3.」における Iterative Multilateration のアイディアを、超音波を用いた屋内測位システムに適用した。

2. 知的情報空間ミドルウェアに関する研究

本研究では慶應義塾大学 環境情報学部 徳田研究室が所有するユビキタス情報空間テストベッド SSLab. (Smart Space Lab.)および、Smart Living Room を実験空間として用い、同空間に設置された各種センサや Smart Furniture[1]を利用する形で個々のテーマで研究開発されたミドルウェアモジュールが実装、開発された API を利用したアプリケーションを実際に記述することで、本研究の有用性を実証的に検証した。

図-1 Smart Living Room と Smart Furniture

また本研究では、まず位置などの状況に関する情報(コンテキスト)に応じた情報デバイス連携の実現、および社会的倫理やマナーに配慮した知的情報環境サービスの実現を目指した知的情報環境インフラのミドルウェアに関する研究を行った。さらに、公共空間での不特定多数のユーザへのその場所、その人、そのときならではの周辺地域の案内情報を提供するサービスを具体ターゲットとしてアプリケーションおよびプラットフォームの開発を行った。アプリケーションの選定においては、まず実施した受容性調査結果に基づき、利用者のサービスシーン・シナリオから公共空間を対象として、大型ディスプレイ、ユーザ携帯端末の持つべき機能に関してプラットフォームの設計、アプリケーションの試作を進めた。それらのアプリケーションから、プラットフォームとして持つべき機能を抽出し、ブラッシュアップを図った。

3. プライバシー保護プラットフォームに関する研究

ユビキタス情報社会では、各種のセンサやカメラ等による機器連携サービスが、複数他者が存在するパブリック空間において実行される可能性がある。このような状況に配慮し、ユビキタス情報社会が不用意な監視社会にならないために、先行してセキュリティーおよびプライバシーの検討を進めた。具体的には、ユビキタス情報社会におけるプライバシーを保護するためのミドルウェア開発を目的とし、監視カメラに対するプライバシー保護を題材として検討を行った。この検討結果をもとに、動体検出・隠蔽等の技術的アプローチによるプロトタイプシステムを構築して有効性の検証を行うとともに、他のサブテーマから提示される要件を反映して機能のブラッシュアップを行った。

[1]慶應大学徳田研究室で開発中の Equipment. 非スマート空間を即興的にスマート化することを目的とする.

## ■研究成果

それぞれの研究項目について、以下の結論を得た。

1. 自律分散型屋内測位システムに関する研究

### 測定原理

図-2 に Iterative Multilateration の動作を示す。Iterative Multilateration は位置が未決定のノードが自身の位置を決定することにより位置基準として動作可能になることで再帰的に測位していく手法である。

今、初期状態において、ノード A、B、C は位置を手動設定されたノードとし、その他のノード D、E は位置が未決定のノードであるような状況を考える。ノード D はノード A、B、C を位置基準とし、自身とそれぞれの位置基準ノード間の距離を測定することで位置を決定する。ノード D は、一度位置を決定すると位置基準として動作可能になる。ここで、ノード E は遮蔽物によりノード C からの距離を遮蔽物により測定できないため、ノード A、B とすでに位置が決定し、位置基準として動作可能なノード D を位置基準とし、自身とそれぞれの位置基準ノード間の距離を測定し、位置を決定する。このように Iterative Multilateration を用いることで、必要最低限のノードの位置を正確に設定するだけで未決定のノードの位置を決定していくことが可能となる。

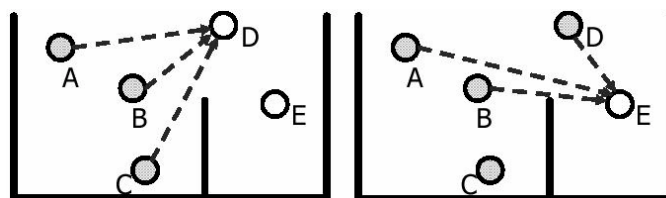



図-2 測位原理

### ハードウェア構成

Iterative Multilateration を用いた測位システムを実際に動作させるために実装した DOLPHIN ノードを図-3 に示す。本システムにおける距離の測定には、無線により同期をとり、超音波の伝搬遅延時間を測定する TOA(Time-of-Arrival)の手法を用いている。そのため、DOLPHIN ノードには送受信機能を持った無線モジュールと送受信兼用の 5 つの超音波センサおよび制御・計算を行う CPU が備えられている。5 つの超音波センサは、あらゆる方向へ超音波を送出できるように水平面に 4 つ、垂直面に 1 つ配置され(図-4)、アナログ信号処理回路に接続される。アナログ信号処理回路が CPU に受信の有無を表すディジタル値と受信強度を表す値を出力する。また、実装した DOLPHIN ノードに用いたワンチップマイコンは USB インタフェースを搭載しており、PDA やノートパソコンに接続することで、電源供給や測位情報を引き出すことも可能となっている。

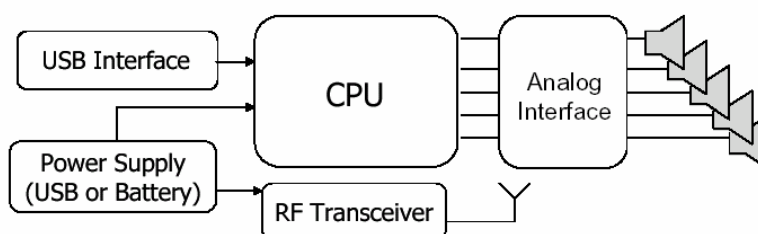



図-3 ハードウェア構成

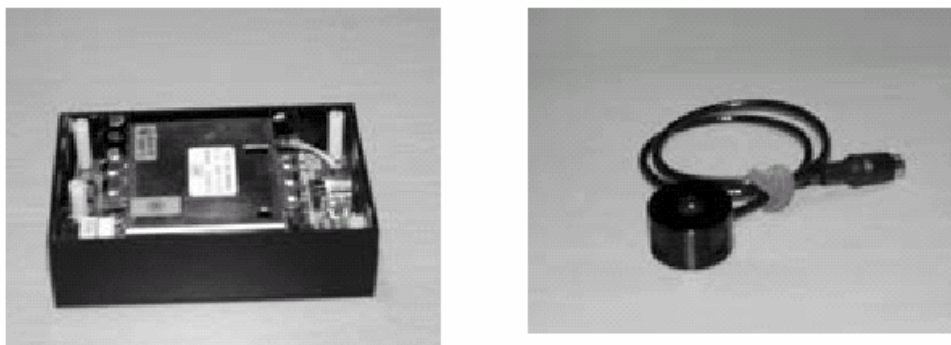



図-4 実装したノード

測位アルゴリズム

Iterative Multilateration を実装したハードウェア上で動作させるために自律分散型測位アルゴリズムを設計した。なお、本アルゴリズムは Iterative Multilateration に加え、ブートストラップおよび障害回避の機能も備えるアルゴリズムとなっている。本アルゴリズムでは、図-5 に示すように本システム内のノードは、時刻同期ノード、超音波送出ノード、および受信ノードの役割を後述する測位アルゴリズムに従って動作する。

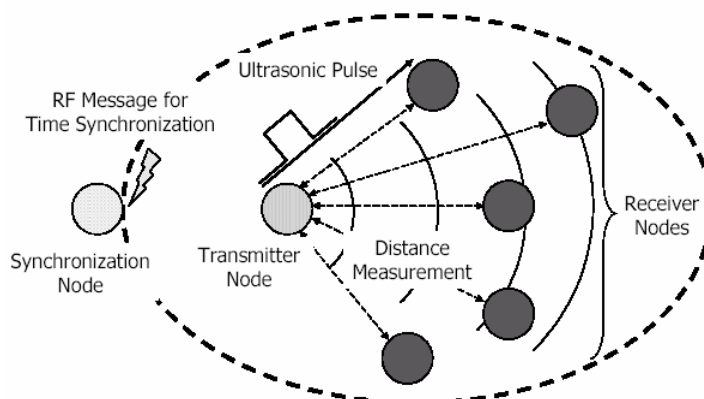
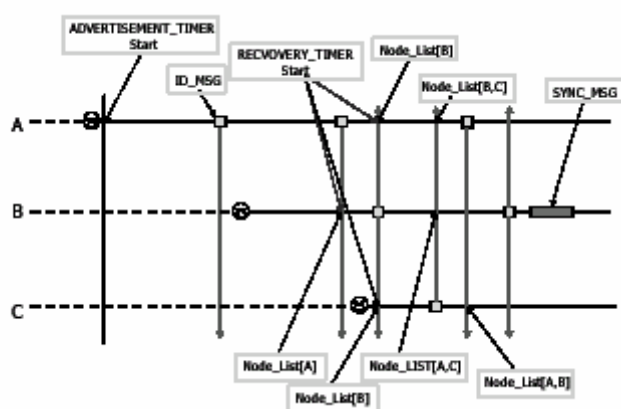



図-5 各ノードの役割

測位アルゴリズムにおいて、時刻同期ノードおよび超音波送出ノードは、位置が決定し位置基準として動作可能なノード群からそれぞれ 1 つのノードが選択され、その他のノードはすべて受信ノードとなる。各測位サイクルでは、時刻同期ノードから無線により超音波送出ノードの ID を指定したメッセージを送信する。そのメッセージを受信したそれぞれのノードは、メッセージに含まれる ID と自身の ID を比較する。一致した場合、超音波送出ノードとして超音波パルスを送出し、一致しない場合には、受信ノードとなり、CPU に内蔵されたカウンタを動作させ、超音波の到来を待つ。超音波送出ノードより送出された超音波を受信ノードが受信した場合、内部カウンタを停止し、カウント値と音速によりノードまでの距離を算出する。超音波を受信できなかったノードはカウンタのオーバーフローにより受信動作を停止し、その測定を無効とする。この動作が繰り返され、ある受信ノードが測位に十分な数(3 次元での測位なら 4 つ)の異なる超音波送出ノードからの超音波を受信できた場合、その受信ノードは測位方程式を解いて自身の位置を決定できる。

図-6 に自律分散型測位アルゴリズムにおけるブートストラップ処理を示す。初期状態において、それぞれノード内のノードリストにはどのノードのノード情報も登録されていない。後述する測位アルゴリズムにおいて、超音波送出ノードはノードリストに登録されているノードの中から選択される。そのため、測位アルゴリズムを開始する前に、存在しているノードをノードリストに登録する必要がある。今、図-6 に示すようにノード A、B および C が初期ノード(手動で位置が設定されたノード)であるとし、ノード A、B、C の順に動作を開始したとする。 ノード A が動作を開始すると、ADVERTISEMENT_TIMER が動作を開始する。ここではノード A は他のノード情報を保持していないため RECOVERY_TIMER は動作しない。

ADVERTISEMENT_TIMER は動作期間内に自分宛の SYNC_MSG を受信するごとにリセットされるが、受信しなかった場合、自身が他のノードに認識されないとして ID_MSG を送信し自分の存在を周囲に通知する。ここでは、ノード A しか存在しないため、ノード A は ADVERTISEMENT_TIMER の期限が切れるたびに ID_MSG を送信する動作を繰り返す。次にノード B が動作を開始すると、ノード B はノード A と同様に ADVERTISEMENT_TIMER を動作させる。その後、ノード A の ADVERTISEMENT_TIMER の期限が切れた場合、ノード A は ID_MSG を送信する。ノード B はノード A からの ID_MSG を受信すると、自身のノードリストにノード A のノード情報を登録する。これにより、ノード B は他のノード情報を保持することになるため、RECOVERY_TIMER を開始させる。さらにその後ノード C が動作を開始すると同様の動作を繰り返し、ノード A、B、および C はそれぞれの存在を認識する。その後、ノード B の RECOVERY_TIMER が期限切れとなった場合を考える。RECOVERY_TIMER は動作期限内に SYNC_MSG を受信するごとにリセットされるが、受信しなかった場合、システムが停止していると判断して自身が時刻同期ノードとなり SYNC_MSG を送信する。したがって、ノード B は時刻同期ノードとなり、自信のノードリストに登録されているノードの中からランダムにノードを選び、そのノードの ID を含んだ SYNC_MSG を送信することでブートストラップ処理が完了する。

図−6 ブートストラップ処理

今、ノード A、B、C を初期ノード、ノード D、E を位置が未決定のノードとする。ここで、図−7 に示すようにノード A が時刻同期ノードとして動作した場合を考える。ノード A は超音波送出ノードを選択し、SYNC_MSG を送信する。超音波送信ノードはノードリストに登録された ID の中からランダムに選択される。ここでは、ノード B が選択されたとする。SYNC_MSG を受信したノード B はメッセージに含まれる ID と自身の ID を比較し、一致していることを判断すると超音波パルスを送出する。また、SYNC_MSG を受信したその他のノードはメッセージに含まれる ID と自身の ID が一致してないと判断すると、CPU の内部カウンタを動作させ、超音波の到来を待つ。ここではノード D は超音波を受信し、ノード E は遮蔽物等の影響で受信できない状況を考える。超音波を受信したノード D は超音波の受信と同時に内部カウンタを停止させ、カウンタ値と音速によりノード B までの距離を算出する。超音波を受信できなかったノード E はカウンタのオーバーフローを検出し、受信動作を終了する。次に、超音波を送出したノード B は、自身の位置を LOC_MSG で周囲に通知する。この後、ノード D または E が、測位に十分な数（3 次元での測位なら 4 つ以上）の距離測定を行えた場合、測位方程式を解き、自身の位置を決定する。さらにそのノードは ID_MSG を送信し、自身が位置基準として動作可能になったことを周囲に通知する。以上が本システムの 1 サイクルである。次のサイクルでは、前サイクルで超音波送出ノードであったノード B が時刻同期ノードとなり、上述した動作で測位を行う。何サイクルか後に、ノード D の位置が決定された場合、ノード D は ID_MSG により自身のノード情報を通知し、新たな位置基準として動作するようになる。

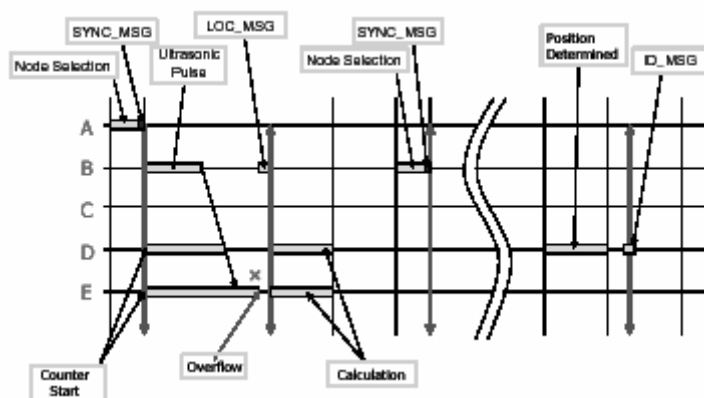



図-7 測位アルゴリズム

なお、本システムは多数のノード間のメッセージ交換による分散アルゴリズムで動作するため、ノードの動作停止や通信障害によるアルゴリズム停止を防止する手段が必要となる。図-8 に復旧動作を示す。図-8 に示すように本システムでは、ADVERTISEMENT_TIMERとRECOVERY_TIMERを用いた、障害発生時のアルゴリズム復旧が可能となっている。まず、位置基準として動作可能であるノードが、自身宛ての SYNC_MSG が一定時間送信されない場合を考える。これはメッセージ衝突などの通信障害により、ID_MSG が周囲のノードに到達されなかった場合に生じる。本システムにおいて、 ノードは位置基準として動作可能になるとADVERTISEMENT_TIMERの動作を開始させる。ADVERTISEMENT_TIMERは自身宛ての SYNC_MSG を受信するごとにリセットされるが、一定時間受信しなかった場合、周囲に自身の存在が知られていないとして再度 ID_MSG により、位置基準として動作可能であることを通知する。

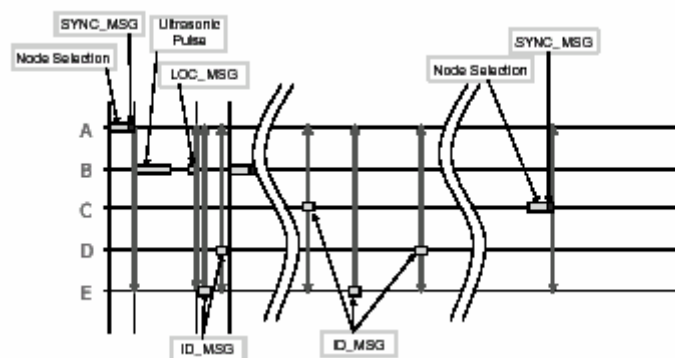



図-8 復旧動作

一方、SYNC_MSG が一定時間どのノードからも送信されない場合を考える。SYNC_MSG が送信されないことは、時刻同期ノードとなるべきノードが障害を発生している場合、もしくは超音波送出ノードがノード障害を発生している場合である。本システムにおいてノードは位置基準として動作可能であり、他のノード情報を自身のノードリストに登録している場合 RECOVERY_TIMER の動作を開始させる。RECOVERY_TIMER は SYNC_MSG を受信するたびにリセットされるが、一定時間 SYNC_MSG を受信しなかった場合、システムが停止していると認識し、自身が時刻同期ノードとなり SYNC_MSG を送信し、システムを復旧させる。なお、我々は、上述のアルゴリズムを実装した 24 個の DOLPHIN ノードを用いて、動作の確認を行った。

## 2. 知的情報空間ミドルウェアに関する研究

### 適応型移動エージェント

ユビキタス情報社会では、利用者は Java カードや PDA 等の小型デバイスに移動エージェント(移動可能なプログラム)を格納して携帯し、必要に応じて室内／屋外の各所に配置されたSmart Furniture 等の公共デバイス上にエージェントを移送・回収することで様々なタスクを継続的に実行する。従来の移動エージェントやその実行環境は、不正な操作などの攻撃

に対する十分な保護機構を備えていないため、不正な操作を行うプログラムを複数の計算機に広めていくウィルスプログラムを容易に作成できてしまうことが知られており、ユビキタスコンピューティング環境を構築する際の大きな問題となっていた。

そこで本研究では、移動エージェントを安全に実行するため、その実行環境であるミドルウェアシステムを、オペレーティングシステムとの連係部分から見直して設計を検討することとした。これまでに、メモリや CPU などの計算資源を OS レベルで予約可能とする枠組および移動エージェントを認証する枠組の機能設計を行い、プロトタイプの実装およびアプリケーションの記述を通して、悪意のあるエージェントによる計算資源の浪費や正当なエージェントへの成りすましに対して両枠組みが有効であることを確認した。また、評価用プラットフォームとして、Java カードや PDA 等、資源が限定された小型デバイスでも動作可能な Java ベースの適応型セキュア移動エージェントシステム m-P@gent を実装、基本性能の評価を行った。同システムは、現在、Smart Furniture 用実行環境“@Desk”、Palm PDA デバイス用実行環境“@Palm”、Linux PDA 端末用実行環境“@Pocket”、組み込み型小型計算機 TINI 用実行環境“@TINI”を提供している。

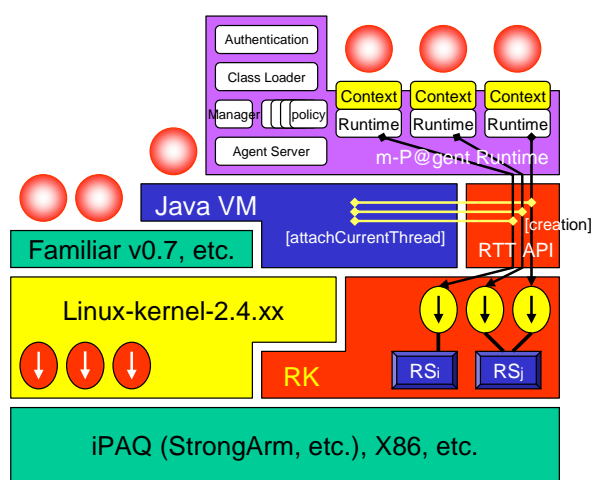



図-9 適応型移動エージェントソフトウェアアーキテクチャ

知覚およびメディア主導なコンテンツ変換ミドルウェア

ユビキタス情報環境において、ユーザがさまざまなコンテンツを閲覧するには、仮想空間のコンテンツをディスプレイやプリンタなどの実空間にメディアとして出力するサービスを利用して行うため、ユーザとサービスの入出力(インタフェース)が重要となってくる。ユーザがサービスを利用する際、名前や位置によるサービス指定だけでなく、「見られる」サービス、「聞ける」サービスなど、サービスの知覚やメディアによって指定できることが望ましい。しかし、ユーザが要求する知覚やメディアを出力するサービスに対して、あるサービスを合成しようとした場合、いくつかの問題が生じる。

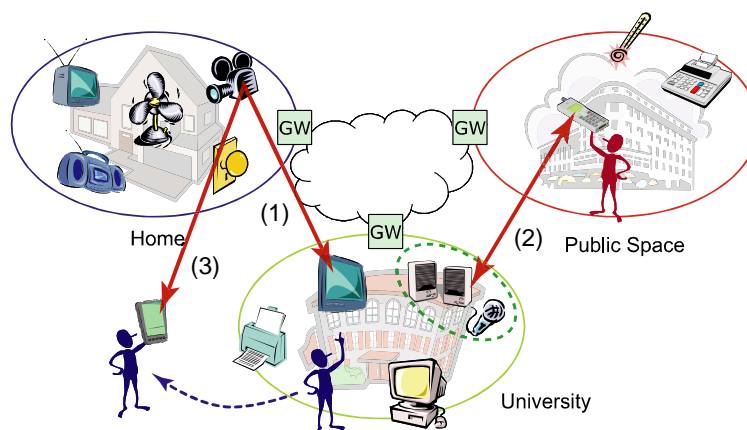
第 1 の問題点は、メディアを用いたサービスの検索方法である。現在、サービス名やサービスの位置などを指定してサービス検索を行うことができる。しかし、サービスが出力するメディアを指定してサービスを検索する場合、既存のサービス情報を用いて実現することは困難である。

第 2 の問題点として、サービスを接続する際のコンテンツの差異が挙げられる。たとえば、動画形式のデータが出力されているビデオカメラサービスを、テキスト形式のデータの入力が期待されているプリンタサービスに接続しようとすると、コンテンツ形式の違いから接続することができない。このため、メディアによるサービス検索および、サービス間のコンテンツを動的に変換する基盤ソフトウェアが必要となる。

本研究課題では、既存の分散協調型サービスフレームワークでは実現困難な、知覚、メディアによるサービス指定および、サービス接続時のコンテンツ変換を実現した。サービスの実空間への出力メディア形式を知覚およびメディアで指定し、サービス記述に追加することにより、名前やサービス分類だけでなく、メディアタイプを用いたサービス検索が可能となり、ユーザの知覚に基づいた要求に即したサービスの接続が実現できた。また、本ミドルウェアは、実空間サービスを接続する際にコンテンツ変換機構を利用して実空間サービス間のコンテンツ転送をも支援しており、変換サービスを動的に組み合わせることで、実空間サービスの特性差を考慮した変換機能を提供している。

本研究では、3 つのシナリオ：（1）知覚やメディアによるサービスの接続を実現するメディア主導サービス合成のシナリオ、(2)知覚やメディアをもとにしたサービス調停を実現するメディア主導サービス管理のシナリオ、(3)同じメディアを出力するサービスの動的切替を実現するメディア主導サービス・ローミングのシナリオ、をベースに議論を進めた。

本課題で構築したシステムは、知覚およびメディア主導なコンテンツ変換を実現するサービスフレームワーク（以下、Media-based TranService システム、または MTS システムと呼ぶ）である。本システムでは、実空間サービスと、ユーザの要求したメディアタイプに適するサービスを接続するため、変換のための仮想サービスを動的に選択し、ひとつのサービスパスとしてアプリケーションを構築する。本システムは、ホームネットワークやウェアラブルネットワークなどの、ゲートウェイで広域ネットワークに接続されたプライベートネットワークでの動作を想定している。

MTS システムは、ランタイム機構、サービス管理機構、コンテンツ変換機構から構成される。ランタイム機構は本システムを利用する各デバイスで動作し、サービスの読み込みや実行、ユーザインタフェースの提供を行う。サービス管理機構についても各デバイスに存在し、サービス登録や検索などを行う。特に、サービスデータベースに関しては本システムの対象とするネットワークにひとつ存在し、ネットワークに分散して存在するサービスの管理を行う。またコンテンツ変換機構は、コンテンツ変換を行うサービスの管理を行う。

図−10 メディア主導サービス・ローミング

**超分散オブジェクト**

自宅内、オフィス、街中などユーザーを取り巻く環境では、多種多様の環境組み込み機器や携帯機器が高度な情報処理能力を持ちつつある。このような機器をソフトウェアコンポーネントが動的に活用することで、ユーザにサービスを提供するシステムが想定されている。ユーザがこれらの機器やソフトウェアコンポーネントを任意の場所、任意の状況において利用し、またユーザのニーズに応じてこれらの機器・ソフトウェアコンポーネントを動的に連携させるためには、機器やソフトウェアを共通的に認識・解釈・操作・管理できる仕組みが必要となる。これを実現するための実世界オブジェクトモデルならびに外部アクセスインタフェースを考案し、Super Distributed Objects（SDO）という名称の仕様を分散オブジェクトの国際標準化組織 OMG(Object Management Group)に提案した。

SDO は、ユーザに対するサービスを提供するための機能を有する機器(ハードウェアデバイス)やソフトウェアコンポーネントの論理的表現(オブジェクト)であり、実際にサービスを実行するアプリケーションからの動的なオブジェクトの機能の利用を可能とするために、共通的なデータモデルとインタフェースの記述仕様を SDO 仕様として定義している。

SDO が指し示すオブジェクトがソフトウェアコンポーネントである場合は、自身のプロファイル情報およびインタフェースのデータモデルによる記述を保持するソフトウェアオブジェクトが SDO の実体となる。SDO が指し示すオブジェクトがハードウェアデバイスである場合は、実環境とのインタラクションを行うインプット／アウトプットとサービス実行のための機能を有する計算機リソース（デバイスの制御部）が SDO の実体となる。

また、SDO は複数集まることで別の SDO を構成し得る。つまり、デバイスが他のデバイスを含む（例えば「エアコン」は「温度計」「送風器」「ヒーター」などの、単体でも機能しうる複数のデバイスによって構成される）、あるいはあるソフトウェアコンポーネントが複数のソフトウェアコンポーネントによって構成される、という場合である。このように、SDO は各オブジェクトの

集合として表現され、構成の動的な変化に対して拡張性・柔軟性を保証する。各SDOは他のSDOとは独立に管理・制御される単体のオブジェクトとして定義されており、実際にサービスを構成・実行するために操作される要素の最小単位である。

オブジェクトの多様性に対処するため、SDO を記述するパラメータは拡張可能な形で定義されている。これらのパラメータは、サービスを実行するSDO以外のSDOのセンサ群によって収集・保持されているものであったとしても、サービス実行SDOに関連付けて処理しなければならない。SDOを記述する他のパラメータもまた拡張性を有することから、SDOはこのような拡張に対して柔軟である必要がある。このような特徴を実現するために、SDOは構造、情報記述、他SDOとの関連について動的に拡張可能な記述仕様を有している。以下、SDOの基本仕様について、その概要を述べる。

図-11 は、SDO 仕様の概要として、UML クラス図を示したものである。SDO は、自身の情報を記述したプロファイルを持つ。この情報とは、SDO がデバイスである場合には種類、型番、製造元、特性情報などのデバイスとしての記述(DeviceProfile)、識別子、サービス種別、実行のためのインタフェースなどサービスを実行するための個々の機能単位についての記述(ServiceProfile)、および SDO のパラメータ設定に関する記述(ConfigurationProfile)である。

また、SDO 自身の現在の状態の情報を保持する記述(Status)、および SDO のスーパークラスであり、また広義の SDO 要素としてユーザや位置情報などを記述するための基本オブジェクト(SDOSystemElement)を持つ。前述の、SDO 同士の関連についての情報は、SDO間の従属関係やSDOの集合に関する属性情報を記述するOrganizationとして管理される。

これらの情報の他に、SDO を管理・操作するためのインタフェースとして、基本仕様としては Configuration と Monitoring がある。また、個々の SDO の持つ機能を呼び出すためのインタフェースとして、SDO 毎に実装される SDOService がある。SDO 自身や Organization も、各々が保持するデータモデルや情報の内容を管理・操作するためのインタフェースを持つ。

本仕様を用いて、ハードウェアデバイスやソフトウェアコンポーネントをオブジェクト化し、あるいは、分野毎の既存のオブジェクトモデルを抽象化したものとして記述する。また必要に応じて基本仕様を拡張したデータモデルあるいはインタフェースを適宜追加実装することで、多種多様なオブジェクトをSDOとして利用することを可能とする。

本研究にて提案したSDOモデルは、当初の計画通り、2003年にOMGにおいて国際標準仕様として採択された。

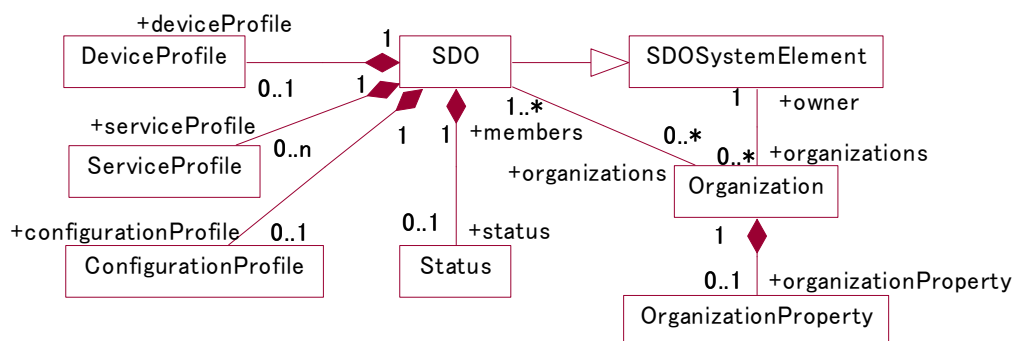



図-11 Platform Independent Model for Super Distributed Objects (SDO)

上記に述べたSDOモデルを活用し、ユーザのいる場所またはサービス要求に対して、機器のインタフェースやデータモデルに関する規格等の違いをユーザが意識せずに統一的に扱うためのミドルウェアを検証するために、ユニバーサルリモコンの開発を行った(図-12)。ユニバーサルリモコンは、異種規格の機器を SDO として統一的に管理するための超分散オブジェクト(SDO)管理ミドルウェアと、サービス記述に基づき機能ベースでSDOの発見及び連携を行い、サービスを提供するためのサービス合成ミドルウェアの2つから構成される。これらの詳細については以降にて述べる。

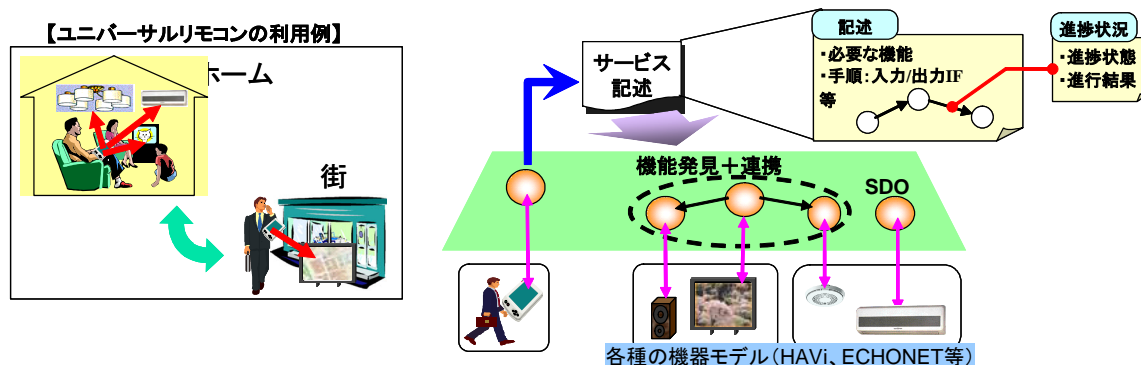



図-12　ユニバーサルリモコン

超分散オブジェクト(SDO)管理ミドルウェアは、SDO として各種の機器を統一的に管理し、機器が提供するサービス間の関係付けを動的に行う。本ミドルウェアは、機器が持つ計算機リソース(ノード)上で動作し、ローカルに接続されている機器またはインストールされているソフトウェアコンポーネントをそれぞれ SDO として対応付けて管理するものである(図-13)。

本ミドルウェアの基本機能として SDO の管理(SDOManagement)機能、探索 (SDODiscovery)機能、Organization の管理(OrganizationManagement)機能を実装した。

SDO の管理(SDOManagement)機能は、ノード毎に機器またはソフトウェアコンポーネントに対応する SDO のインスタンスを生成し、これに一意な ID とリソースデータを対応付けて、ノードにて管理するレジストリに登録し、また登録された SDO を更新、削除するものである。SDO の探索(SDODiscovery)機能は、これらの登録された SDO を条件に基づいて探索するものである。Organization の管理(OrganizationManagement)機能は、2つ以上の SDO の間の関係を表現する Organization を登録、更新、削除、検索するものである。なお Organization は SDO とは独立に管理することで、SDO 間の関係を動的に変更することができるようにしている。

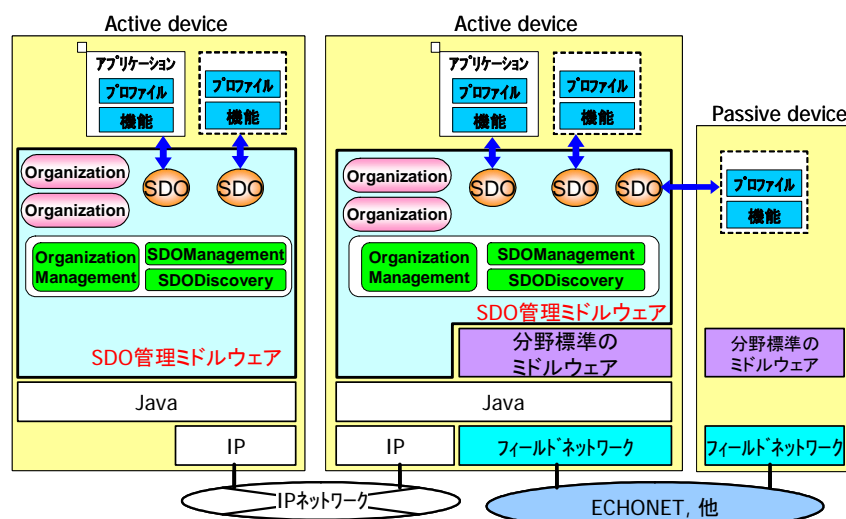



図-13　超分散オブジェクト(SDO)管理ミドルウェア

サービス合成ミドルウェアは、超分散オブジェクト(SDO)管理ミドルウェアの上位ミドルウェアとして位置付けられる。本ミドルウェアでは、サービスに必要な SDO(機能)、SDO の実行方法、実行順序、データの入出力関係等を記載したサービス記述(XML 文書)を読み込み、記述内容に基づいてサービスに必要な SDO の発見、及び発見した SDO の連携を行う。またサービス記述に基づいてサービス実行を制御し、サービスの進捗状態の監視を行う。

各分野の機器に関する標準規格である ECHONET「引用文献 4.」、Universal Plug and Play(UPnP)「引用文献 5.」、HAVi「引用文献 6.」、Jini「引用文献 7.」等に基づくミドルウェアを超分散オブジェクト(SDO)管理ミドルウェアにマッピングさせるこ

とにより、各々の標準規格に準拠した機器を、ユーザアプリケーションからはSDOとして統一のインタフェース及びデータモデルを用いて探索、参照、操作、管理することが可能となる。これにより実際の使用機器を規格の異なるものに変更したとしても、それらにアクセスするユーザアプリケーション等の変更は不要となる。また異種規格の機器の間でのデータのやり取りが可能となる。

またサービス合成ミドルウェアを併用することにより、サービス記述に基づいて、機器群の中から、サービスに必要な機能を有する機器を選出し、異種規格の機器同士であっても互いに連携させることができる。これにより、各機器の設定等は変更しなくとも、異種規格の機器を併用し、条件に応じて動的に連携させることによるサービス提供が容易となる。

**AYAアプリケーションおよびプラットフォーム**

本開発においては街での集客を狙いとしたインタラクティブ・タウン情報提供アプリケーションを開発した。

本アプリケーションでは、街に訪れるエンドユーザが、自らが持つ携帯端末(本アプリケーションではPDA)を操作することで、携帯端末と街中にある大画面ディスプレイを連携させてその人ならではの街の情報を提供するものである。提供するタウン情報としては、エンドユーザが訪問するテナントの情報、特には、レストラン、雑貨店、洋服店の概要情報とした。これらの情報を、エンドユーザのプロファイル情報に応じて、最適な機器(パブリックな情報であれば大画面ディスプレイ内のウィンドウに表示。プライベートな情報であれば携帯端末に表示)で提供する。例えば、大画面ディスプレイのウィンドウにはそれぞれのショップの広告といったパブリックになっている情報を表示し、携帯端末には実際に現地に向かう際の地図情報を表示する。このようにすることで、行き先を隠蔽したいユーザへの情報提供が可能となる。

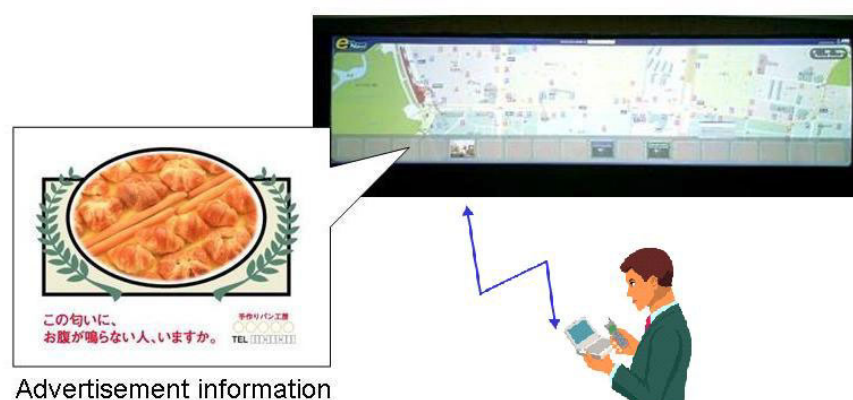



図-14 インタラクティブ・タウン情報提供アプリケーション画面例

本アプリケーションの開発を通じて、サービスが動的に変化することを許容する必要があることがわかった。そこで、サービス間の動的関係付け機能をプラットフォーム機能として開発した。

上記のようなインタラクティブ・タウン情報提供アプリケーション等の、公共スペースで情報提供サービスを利用するエンドユーザには、モチベーションの高低など幅広い質のエンドユーザが存在する。このようなアプリケーションでは、これらのエンドユーザの質の違いに基づいて、エンドユーザ毎にシステムに登録されるプロファイル情報の量が異なってくる。よって、この種の機器連携サービスプラットフォームにおいては、幅広いユーザに如何に対応して適切なサービスを提供するかということが重要となる。

本研究においては、サービス間の動的関連付け技術として、エンドユーザ毎に登録されたプロファイル情報であるコンテキストのタイプに応じてサービスを選択する方式を開発した。これにより、登録されたコンテキストタイプに応じたサービスの提案や、エンドユーザへのコンテキストの登録の提案が可能となる。

こうした開発を通じて、当初より予定していた、公共空間での不特定多数のユーザへのその場所、その人、そのときならではの周辺地域の案内情報を提供するサービスを具体ターゲットとしてアプリケーションおよびプラットフォームの開発を達成した。

## 3. プライバシー保護プラットフォームに関する研究

### 安全な個人情報提供のためのネゴシエーション・プロトコル

プライバシーを考慮した、アプリケーションが個人情報に適応的に動作するための個人情報取得(提供)のための交渉プロトコル PPNP を提案した。ユビキタスコンピューティング環境においては、機器の高性能化、多機能化によって、公共空間におけるアプリケーションの遍在や、携帯端末の高性能化による多様な情報の保持が可能となる。このことは公共空間におけるパーソナライゼーションを可能とする。携帯端末の高性能化によって、携帯端末に保持される情報が現実世界に即した個人情報を扱えるようになるため、プライバシーを考慮したフレームワークが必要となる。

本研究課題の一環として提案する個人情報非送信型モデルでは、個人情報の取得と、アプリケーションの動作を決定するコマンドの生成を分離することでプライバシーの保護を達成した。さらに、個人情報非送信型モデルを実現する EA-P2 フレームワークの実装を行った。これによって、プライバシーの保護と個人情報への適応を両立させたアプリケーションの作成が可能となった。 PPNP および EA-P2 をベースに、アプリケーション・プロトタイプとして、パーソナライズド・ポスター・システムを実装、評価した結果、本手法の有用性を確認することができた。

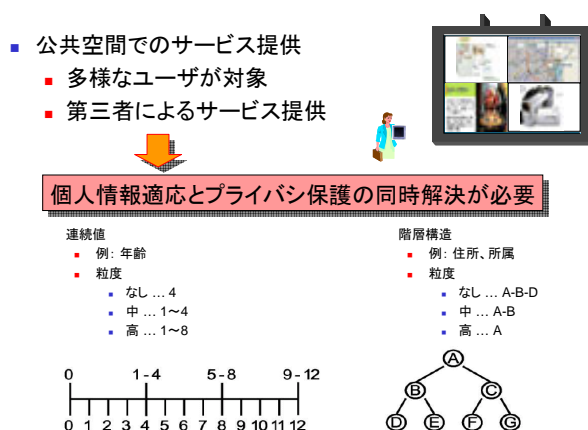



図-15 個人情報適応とプライバシー保護の両立に向けた考え方

### プライバシーカメラ

カメラ映像のプライバシーを保障するプラットフォーム技術に関して、カメラ撮影の目的と被写体のプライバシー保護の両立を図ることを目的として各種監視カメラの撮影目的を検討し、カメラ映像に施すべきプライバシー保護のあり方が、主に閲覧者・被写体・撮影場所によって変わるとの方針を得た。そこで、閲覧者・被写体・撮影場所その他のコンテキスト情報を条件として記述するルールに従って「引用文献 8.」に代表される各種のカメラ制御・画像処理を選択し実行する機能について検討し、プロトタイプシステムを構築することにより有効性の検証を行った。

図-16 にプロトタイプシステム(「プライバシーカメラ」)の概要と、小売店を例にした処理ルールおよびルールに従って画像処理を行った出力イメージを示す。プロトタイプシステムでは、被写体が携帯端末や電子タグを用いて入力する被写体 ID と、閲覧者が閲覧用 PC を用いて入力する閲覧者 ID を参照し、これらの情報と静的に定義された処理ルールに従ってカメラを制御する。カメラの制御としては、動物体を検出して隠蔽(モザイク・マスク等)する、人体の頭部を検出して隠蔽する、カメラの向きを変更する、等の処理を開発した。

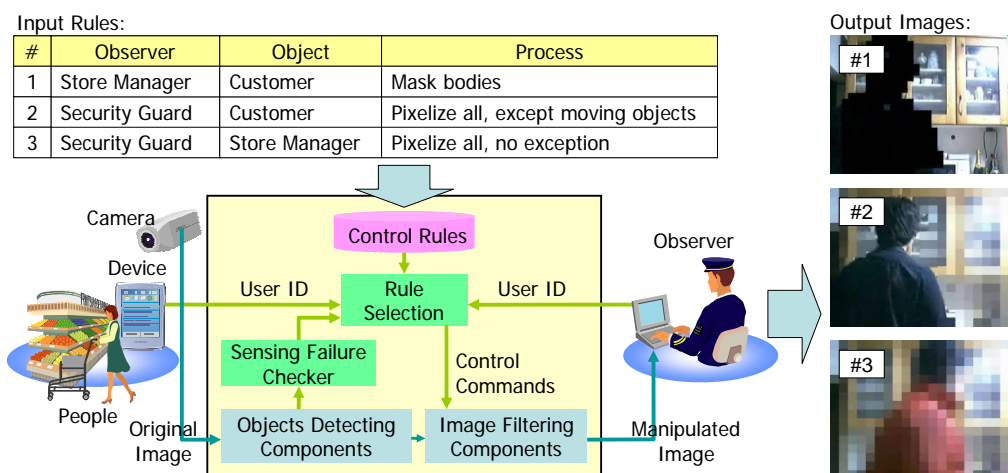



図-16 プライバシーカメラ

以上のアプローチを提示することにより、他のサブテーマから技術とは異なる観点の意見、例えば、(1)カメラ映像の加工処理（モザイク等）自体に被写体の同意を得る必要がある、(2)プライバシー権とカメラ映像著作権（改変・配信等の権利）は権利の主体が異なり、これらの混同が無いようにすることが重要である、といった意見を得ることができた。こうした意見を反映して、まず(1)の意見に関して、撮影映像を被写体の携帯端末へ送信する機能等を開発した。その他の必要な機能について今後継続的に検討を進める。

## ■考 察

本研究では、ユビキタス情報社会における社会的倫理やマナーに配慮した知的情報環境サービスを目指し、創発機能を備えた情報デバイス連携のためのミドルウェアの開発に取り組んだ。このミドルウェアを実現するための主要な課題として、膨大なセンサの管理コストを削減可能なセンシングシステム、それらのセンサによる情報を活用したサービスを提供するために必要なエージェント・サービス実行環境、およびこうしたサービス提供時に問題となるプライバシー保護機能を挙げ、これらの有効性の検証に取り組んだ。

まずセンシングシステムに関しては、知的情報環境において特に重要である位置情報を取得するため、位置基準となるセンサーの初期設定コストを削減することを目的として、Iterative Multilateration のアイディアを適用した自律分散型屋内測位システムの設計・実装・評価を行った。また、24 ノードでの動作検証を行い、実装したシステムが正しく動作することを確認した。これにより、本研究の目的であったユーザやオブジェクトの位置の取得・管理技術に関し、その広域への展開を実現するための技術の開発というプロセスは達成できたといえる。

そして、こうしたセンサ情報を活用したエージェント・サービス実行環境として、従来のシステムには無かった移動エージェントの安全性確保のための機能（OS レベルでの資源予約管理）を備えたシステムや、知覚・メディアによるサービス指定および各種のコンテンツの変換を実現するシステムを構築し、実証実験によってその有用性を確認した。また、多様なデバイスを SDO と呼ぶ正規化した記述にマッピングし、構成管理情報を共有することで相互接続する基本方式・プロトタイプシステムを開発し、実現可能性を検証した。このデバイスの正規化記述については、一部を OMG (The Object Management Group)にて国際標準化し、その有用性が認められている。また、ユビキタス情報社会で空間が情報化されることにより新たに可能となる環境適応型(Context-aware)サービスについて、公共空間における大画面を例にとり、プロトタイプ開発を通じて評価も合わせて行うことにより、受容性のあるユースケースを開発した。以上の開発項目に関しては、今後はより多くの実証実験による、様々なユーザ・フィールドでの検証が必要であろう。

最後に、空間の情報化において課題となるプライバシーについては、プライバシーを考慮したシステムとして個人情報取得のための交渉プロトコル PPNP、およびカメラ画像を対象として観測者・被観測者の関係に基づき知的に情報フィルタリングする方式・プロトタイプシステムを開発した。特に、PPNP の有用性検証実験によって、その実用化に向けては、以下に

述べる課題を解決する必要があることが明らかとなった。これらの課題は技術的なアプローチのみでは解決困難なものであり、今後は法制度や特定地域での規制などのルールの整備と、これを踏まえたより知的な情報フィルタリング方式の開発が課題となるであろう。

(1) ユーザによる判断基準の導入： 現在の実装では、アプリケーション作成者の自由度は達成されたが、個人情報の機密性が十分に達成されていない。そこでユーザがアプリケーションへ提供する個人情報についてカスタマイズ可能にする必要がある。
(2) 個人情報の処理： 現在の個人情報の解析方式では、住所などの階層構造を持つ個人情報を扱うことができない。そこで個人情報の記述方式、解析方式を改良する必要がある。また、個人情報の追加、削除などの情報を編集する機能を提供する必要がある。
(3) 位置情報のプライバシー： 前述したように、知的情報環境においては位置情報は特に重要である。今後は位置情報も考慮にいれた公共空間におけるアプリケーションのパーソナライゼーションについて考察する必要がある。

## ■ 引用文献

1. Ward:「Sensor-driven Computing」, PhD thesis, University of Cambridge, (1998)
2. N. Priyantha, A. Miu, H. Balakrishnan and S. Teller:「The Cricket Compass for Context-Aware Mobile Applications, Proc. ACM MOBICOM, July, (2001)
3. Savvides, C. Han and M. Srivastava:「Dynamic Fine-Grained Localization in Ad-Hoc Networks of Sensors」, Proc. ACM MOBICOM, July, (2001)
4. ECHONET (Energy Conservation and Homecare Network), http://www.echonet.gr.jp
5. UPnP (Universal Plug and Play), http://www.upnp.com
6. HAVi, http://www.havi.org/
7. Jini, http://www.jini.org
8. Neustaedter, et. al.:「Balancing Privacy and Awareness in Home Media Spaces」, Workshop on Privacy, 5th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2003), (2000)

## ■ 成果の発表

### 原著論文による発表

国内誌（国内英文誌を含む）

1. 南正輝，森川博之，青山友紀：「ユビキタス環境におけるサービス合成支援のためのインタフェース指向ネームサービス」,電子情報通信学会論文誌, vol.J86-B, no.5, 777-789, (2003)
2. 関口隆昭，加藤博光：「カメラ映像における閲覧者と被写体の関係に基づくプライバシ保護システムの提案と評価」，情報処理学会論文誌，(2005) 〈投稿予定〉

国外誌

該当無し

### 原著論文以外による発表（レビュー等）

国内誌（国内英文誌を含む）

1. 岩井将行，中澤仁，徳田英幸：「uBlocks: 利用者自身によるユビキタスアプリケーション構築機構」，情報処理学会情報家電コンピューティング研究会研究報告, 4(2002-IAC-4), 29-36, (2002)

3. 青木俊，岩本健嗣，由良淳一，徳田英幸：「ヘテロジニアスなセンサ環境における位置取得システムの構築」，情報処理学会モバイルコンピューティングとワイヤレス通信・高度交通システム合同研究会研究報告，115(2002-MBL-23/2002-ITS-11), 119-126，(2002)
4. 丸山大佑，青木俊，高汐一紀，徳田英幸：「センサのメタ情報を利用したセンサデータ取得ミドルウェアの構築」，情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会研究報告，4(2004-UBI-4), 11-16，(2004)
5. 幸田拓耶，岩本健嗣，高汐一紀，徳田英幸：「モバイルセンサノードによる環境情報収集手法」，情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会研究報告，4(2004-UBI-4), 17-22，(2004)
6. 川上賢一郎，鮫嶋茂稔，河野克己：「超分散オブジェクトモデルを用いた機器間のアドホックな連携」，情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会研究報告，3(2004-UBI-3), 25-31,(2004)

国外誌

1. Y. Fukuju, M. Minami, H. Morikawa, and T. Aoyama:「DOLPHIN: An Autonomous Indoor Positioning System in Ubiquitous Computing Environment」,In Proceedings of IEEE Workshop on Software Technologies for Future Embedded Systems(WSTFES2003), 53-56, (2003)
2. M. Minami, H. Morikawa, and T. Aoyama:「Prototyping a Fully Distributed Indoor Positioning System for Location-aware Ubiquitous Computing Applications」, In Adjunct Proceedings of the Fifth International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2003), 201-202, (2003)
3. M. Minami, H. Morikawa, and T. Aoyama:「The Design of Naming-Based Service Composition System for Ubiquitous Computing Applications」,In Proceedings of the IEEE/IPSJ Symposium on Applications and the Internet Workshops(SAINT2004 Service Oriented Computing Workshop),304-312, (2004)
4. Kazunori Takashio, Masataka Funayama, Masakazu Mori, and Hideyuki Tokuda：「@TINI: An m-P@gent Runtime Environment for Ubiquitous Networked Appliances」, 4th International Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp2002), Workshop on Supporting Spontaneous Interaction in Ubiquitous Computing Settings, (2002)
5. Jin Nakazawa and Hideyuki Tokuda：「A Pluggable Service-to-Service Communication Mechanism for Home Multimedia Networks」, Proceedings of the tenth ACM international conference on Multimedia, 621-630, (2002)
6. Kazunori Takashio, Masakazu Mori, Masataka Funayama, and Hideyuki Tokuda：「Constructing Environment-Aware Mobile Applications Adaptive to Small, Networked Appliances in Ubiquitous Computing Environment」, Proceedings of 4th International Conference on Mobile Data Management (MDM2003), 2574, 230-246, (2003)
7. Hiromitsu Kato：「Context Aware and Yet Another Service AYA」, Workshop on Security in Ubiquitous Computing, 4th International Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp2002), (2002)
8. Motohisa Funabashi, Katsumi Kawano, Shigetoshi Sameshima, and Hiromitsu Kato：「Middleware technology for ubiquitous computing: AYA (context-Aware and Yet Another service) that permits autonomous collaboration on super distributed objects」, Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC2002), 2, 623-628, (2002)
9. Hiroaki Kawamichi, Shigetoshi Sameshima, Hiromitsu Kato, and Katsumi Kawano：「A Service Selection Method Based on Context Types for a Ubiquitous Service System in a Public Space」, Proceedings of the 2004 Symposium on Applications and the Internet (SAINT2004 Workshop),319-325, (2004)
10. Ken-ichiro Kawakami, Shigetoshi Sameshima, Katsumi Kawano, Junichi Suzuki, Tatsuya Suda, Stephan Steglich, and Seiichi Shin：「SDO Model and Its Standardization Activities」, Proceedings of the 2004 Symposium on Applications and the Internet (SAINT2004) Workshops, 342-347, (2004)

11. Takaaki Sekiguchi and Hiromitsu Kato:「Privacy Assuring Video-Based Monitoring System Considering Browsing Purposes」, Proceedings of the 2005 International Symposium on Applications and the Internet (SAINT2005) Workshops, 464-467, (2005)

## 口頭発表

招待講演

該当なし

応募・主催講演等

該当なし

## 特許等出願等

1. 2004 年 3 月 24 日出願,「映像処理装置およびこれの動作プログラム, 携帯端末」, 関口隆昭, 加藤博光, 河野克己, 株式会社日立製作所, 特願 2004-086871

## 受賞等

1. 中西健一, 高汐一紀, 徳田英幸:「粒度の動的変更による位置匿名性についての考察」, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム(DICOMO), (2004) (優秀論文賞, 優秀プレゼンテーション賞受賞)

## 4.2. ユビキタス情報システムの相互運用性に関する研究

東京大学大学院情報理工学系研究科
青山 友紀

慶應義塾大学大学院政策メディア研究科
徳田 英幸

株式会社日立製作所システム開発研究所
小泉 稔

### ■要 約

本研究では、前節で述べた情報デバイス連携のための知的情報環境インフラのミドルウェアの活用・統合方法を検討した。さらに、構築したミドルウェアの実装仕様が異なる場合でも相互に連携可能とする相互運用性について検討した。特に、センシングシステムへの透過的アクセスを実現するミドルウェア、及び、サービスをデジタルフォトメディアとして保存し別の環境に持ち運ぶための実世界指向サービス合成ミドルウェアについて研究開発した。さらに、異種ミドルウェア間での連携のために、情報デバイスを正規化した記述にマッピングし、構成管理情報を共有することで相互接続する基本方式・プロトタイプを開発し、実現可能性を検証した。

### ■目 的

本研究では、ユビキタス情報システム基盤としてのミドルウェアが異なっていても相互に機器を連携させる運用性を確保することを目的とする。

近年のインターネットの普及により、情報家電、センサといった様々な機器がネットワーク接続性を持ち、ネットワークを介してこれらが提供するユビキタスサービスを利用することができる。しかし、これらの利用に際し、ネットワーク空間上の IP アドレス等のネットワーク情報と、機器の場所、形などの実世界の情報の双方を把握し、サービスを利用することはユーザにとって容易でない。特にユビキタス情報システムの相互運用性という観点から考えると、他地点からサービスを制御する場合、どのように必要な情報を取得し、遠隔のユビキタスサービスを利用するかが課題となる。そこで本研究では、様々なユビキタス空間の状況に関する情報(コンテキスト)を取得するためのセンサネットワーク相互運用方式、取得したサービス情報を別のユビキタス空間に持ち運ぶための情報共有方式、および、異種ミドルウェア間で相互に連携するためのプロファイル正規化方式について検討し、プロトタイプ開発を通じて実現可能性を検証することを目的とする。

## ■研究方法

研究目的を達成するための具体的な研究方法は以下の通りである。

1. センサネットワークミドルウェアに関する研究

青山・森川研究室が所持する無線センサノード U³（図-1）と、位置情報取得システム DOLPHIN（図-2）を使用するための API の設計と実装を行った。加えて、開発した API を利用していくつかのサービスを実際に構築することで動作検証と有用性の判断を行った。具体的には、センサから取得される情報を収集して部屋にいる人がどのような動きをしているかを検出する動線検出システムや、ユーザのスケジュールに合わせて部屋の椅子のレイアウトが自動的に変更される椅子自動整列システムなどの開発を行った。

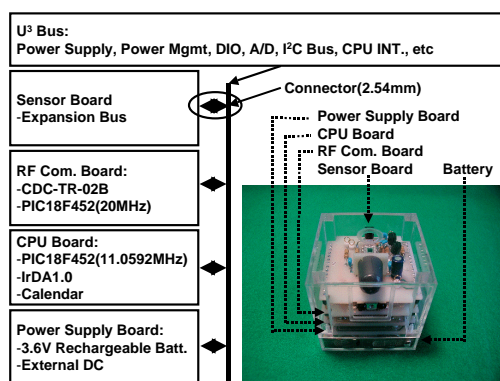



図-1　U³（U-Cube）

図-2　DOLPHIN

2. ユビキタス空間情報共有に関する研究

本研究では、ユビキタスサービスの情報を写真撮影のメタファーにより写真画像とともにスナップショットとして残す手法を提案する。u-Photo というユビキタスサービスの識別情報や状態情報を記録したデジタルフォトメディアを写真撮影の動作により自動的に生成するシステムと、u-Photo を開き、写真画像中のサービスをクリックする簡単な動作から対象サービスに接続するビューアアプリケーションの検討、および実装を行った。ある場所で u-Photo を撮影しておけば、他の場所からでも u-Photo の写真画像を参照しつつ、直感的にユビキタスサービスのネットワーク制御を行える。

u-Photo を用いたユビキタスサービスの利用イメージを 図-3 で示す。u-Photo 画像上のテレビをマウスでクリックすると、該当テレビのネットワーク制御 GUI が表示される。この際、IP アドレス入力等の面倒な作業無しに、直感的に呼び出しを行える。

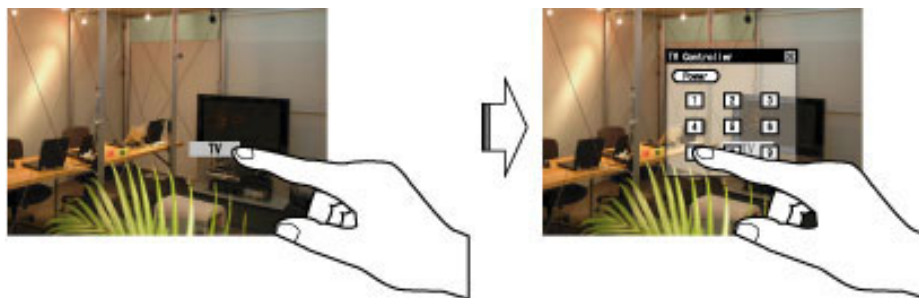



図-3　u-Photo 利用イメージ

実世界映像への情報付加は NaviCam「引用文献 1」や DigiScope「引用文献 2」 などの研究で行われている。しかしこうした研究では、その場にあるものをカメラで写しその場で利用するという手法を用いている。一方本研究の手法は、一度デジタルフォトメディアとして情報を保存することにより、別の時間、別の場所からでも直感的に情報を参照し、サービスを利用できる。また、記録した情報をデジタルフォトメディアとして保存することで、E-mail への添付や CD、DVD への保存などのコピー、配布が容易に行え、ユビキタス空間の情報共有を、u-Photo を共有することで実現できる。

3. 異種知的情報空間ミドルウェアの相互接続・運用

環境内にある機器群を管理し、これらを操作、連携させることによるサービスを状況に応じてユーザに提供するための知的情報空間ミドルウェアを対象とする。これらに関して個別に開発され異なる場所に導入された異種ミドルウェアの間で各々のデータモデルやインタフェースの違いを吸収し、機器群の連携動作によるサービスを提供するための方式について検討を行った。また検討結果に基づき必要機能を実装して異種ミドルウェアの相互接続・運用性に関して検証を行った。

## ■ 研究成果

それぞれの研究項目について、以下の結果を得た。

1. センサネットワークミドルウェアに関する研究

**シンクノードソフトウェア**

シンクノードソフトウェアは、センシング機器とアプリケーションの仲介を行うためのソフトウェアである。図-4 にシンクノードソフトウェアの全体像を示す。シンクノードソフトウェアは、シンクノードライブラリとプロトコル変換ゲートウェイ、デバッグ・計測ソフトウェアから構成される。シンクノードライブラリは、携帯電話や PDA が IrDA などのセンサノードと通信を行うことのできる機器を用いてセンサネットワークを利用したアプリケーションを構築するためのライブラリである。このライブラリは、センサネットワークに対してクエリを送るための API や、センサネットワークから受け取ったデータを処理するための API などから構成される。また、これらのシンクノードソフトウェアは Linux と Windows の 2 つのプラットフォームで開発を行う。

プロトコル変換ゲートウェイは PC や PDA などのシンクノードで動作するデーモンプログラムであり、インターネットを介したセンサネットワークの利用や、センサノード同士がインターネットを利用して相互に接続するといったようなアプリケーションに必須のソフトウェアである。このソフトウェアにより、アプリケーションからインターネットを経由して接続して東京大学青山・森川研究室の STONE ルームにある任意のセンサノードの情報を引き出すことができたり、インターネットを経由して接続して慶應大学徳田研究室の SSLab にある全てのモーションセンサの集約した情報を引き出すといったことが可能となる。

デバッグ・計測ソフトウェアはセンサのデバッグ・測定ライブラリに連動するソフトウェアでありアプリケーションを開発する際のデバッグ環境として使うのに加えて、センサ自身の性能を評価するなどといった測定を行うためのベンチマークソフトである。これにより、アプリケーションの開発の効率化と、センサネットワーク技術の研究開発の促進が達成される。

現在 PDA は Linux の動作実績のあるものが多いうえ、携帯電話の CPU に Linux の動作実績を持つ SH3 を搭載するものまで登場してきており、Linux が動作する携帯電話が登場する日も近いであろう。PC 上の Linux で動くソフトウェアがそのまま組み込み機器上の Linux で使える点は今後ますます発展していくと考えられる組み込み機器市場を考えると重要であり、また現在でもすでにクロスコンパイル環境も整っているので Linux での実装は重要である。

また、現在の基本ソフトウェアの普及率という点では Microsoft の Windows プラットフォームがトップを占めており、また Microsoft は Windows CE などの組み込みシステムにもソフトウェアを提供している。さらに、Windows 上で動く GNU 環境ソフトウェアである cygwin は、POSIX 準拠のソースコードの動作実績が多く、Windows を用いたアプリケーションの開発効率はきわめて高いと考えられる。

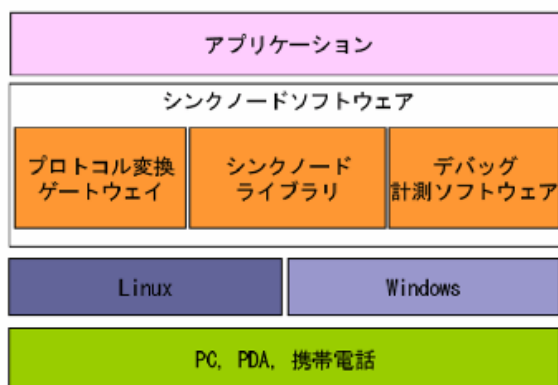



図-4 シンクノードソフトウェア

動線検出システム

図-5 に本システムの構成を示す。本システムは方向検出センサを取り付けたセンサノード群と、センサネットワークからの情報を取り出すシンクノードによって構成される。

図-6 に方向検出センサの構造を示す。方向検出センサは市販されているスポット型のモーションセンサ(松下電工社製 AMN13111)を 4 個用いて構成される、本試作で用いたモーションセンサは楕円形の検出範囲を持ち、人間等の赤外線を発する移動体を検出することができる。方向検出センサは、4 つのモーションセンサの検出範囲を図-6 の左下部に示すような形状でオーバーラップさせせることで実現している。このようにセンサを組み合わせることで、移動体の通過方向に応じて 4 つのセンサの出力が変化する。

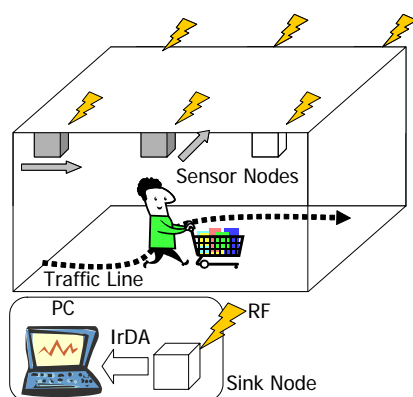
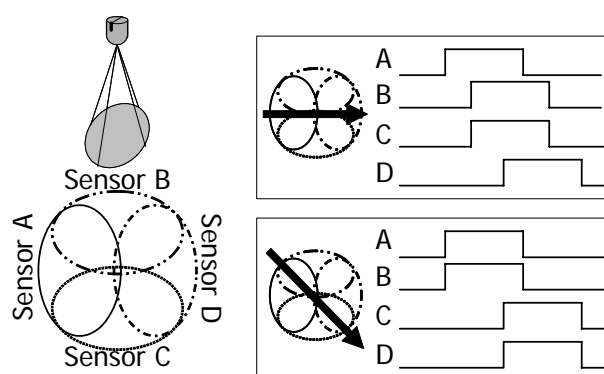



図-5 システム構成　　図-6 方向検出センサ

試作システムでは方向検出センサを取り付けたセンサノードおよびシンクノードとして $U^3$ を用いた。$U^3$ はセンサネットワークの実装実験用に開発された無線センサネットワーク用ノードであり、アプリケーション実装用と通信制御用に Microchip 社の PIC18F452 を 2 個搭載し、315MHz の微弱無線チップと IrDA1.0 による赤外線通信機能を備えている。試作システムでは、$U^3$ のアプリケーション用 CPU に方向判定用のコードを実装し、判定結果は無線によってシンクノードへと転送される。シンクノードとして動作する $U^3$ は転送されたデータを IrDA 通信によってノート PC に送り、ノート PC 側でデータを処理して動線解析を行っている。

本システムの初期的な評価を行う目的で、センサ部を off-the-shelf のパーツによって試作し、$U^3$ 上への実装を行った(図-7)。本実装評価では、ノード単体での方向検出性能を評価した後、数個のセンサを屋内に実際に配置し、動線が検出できることまでを確認した。

方向検出性能の評価では、研究室の天井にセンサノードを設置し、単一の方向について 20 回測定をして、方向検出センサが正しい方向を認識する確率を求めた。方向検出センサの検出範囲を通常の歩行速度で通過した場合 95%の方向認

識率を示した。また、通常の歩行速度で。方向検出センサの検出範囲内で直角に曲がった場合、方向転換をしたことを認識できる確率は 80%程度となった。一方、速めの歩行速度（小走り程度）で通過した場合には 30%程度の方向認識率となっている。通常の歩行速度のときのエラー要因としては、人間の手の振りをモーションセンサが検出してしまったことによるものと考えられる。また、歩行速度が速い場合においての 30%という認識率の低さについては、手の振りの影響も考えられるが、モーションセンサの応答性能によるところが大きいと考えられる。以上より、通常の歩行速度の範囲内であれば、方向検出センサは人間の方向検出を比較的高い精度で行えることが確認できた。

次に方向検出センサーを搭載した $U^3$ を 6 個用いて動線検出が行えることを確認した。図-8 に動線の検出例を示す。この検出例は 6 個の $U^3$ を研究室の天井に一定の距離で配置し、単独の歩行者のみが検出範囲に存在する状況で行っている。動線を表示するソフトウェアは米国 Microsoft 社のソフトウェア開発環境である Visual Basic で作成し、シンクノードソフトウェアを介して各センサへとアクセスしている。

図-7 実装状況

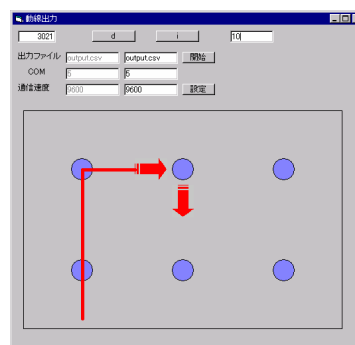



図-8 動線表示

## 椅子自動整列システム

椅子自動整列システムは、ユーザのスケジュールに合わせて椅子を自動的に整列するシステムである。各椅子には DOLPHIN ノードが具備されており、位置情報が把握されている。スケジュール管理サーバでは、ユーザのスケジュールとそのスケジュールに応じた椅子のレイアウトの情報が記録されている。ユーザが記録したスケジュールの時間になるとスケジュール管理サーバからシンクノードソフトウェアへクエリが発行され、椅子が所定の位置へと移動させられる。

図-9 に椅子自動整列システムの動作例を示す。ユーザは、ミーティングの時間をメールで登録する。スケジュール管理サーバへはウェブやメールを介してスケジュールを登録することができる。図-9 では、ユーザが登録した「meeting」の時間になると自動的に椅子が meeting 用のレイアウトへと移動する。

散らかった部屋・・・

「meeting」の時間を登録

「meeting」になるとイスが移動（屋内位置情報システムで位置を把握）

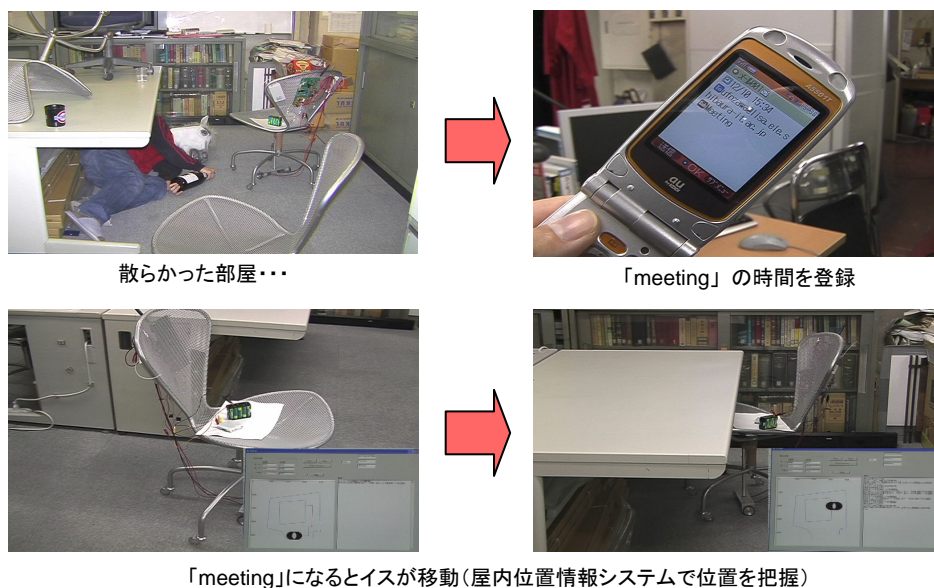



図-9 自動椅子整列システム

2．スマートスペースミドルウェアに関する研究

u-Photo メディア

本研究は、情報家電機器、ネットワークセンサによって実現される実世界上のアクチュエーション、センシングというユビキタスサービスを対象とする。本研究では写真撮影により、これらのユビキタスサービスに関する以下の 3 つの情報を取得し、これらをまとめて画像ファイル形式である JPEG を拡張した *u-Photo メディア*として保存する（表-1）。

表-1 u-Photo で取得する情報

| | |
|---|---|
| 写真画像 | 情報家電機器、センサ情報を取得したいエリアなどを撮影した画像情報。 |
| 対象となるサービスのネットワーク情報 | ユビキタスサービスの URL、IP アドレスなどのネットワーク情報。ネットワークセンサ情報取得用 GUI、ネットワークエアコン用 GUI などのクライアントアプリケーションに対して、必要となるネットワーク情報を入力するためのものである。 |
| 対象となるサービスのステータス情報 | 写真画像に写っている時点でのセンサ情報、情報家電機器の状態（例：今エアコンは OFF である、～というビデオの3：30を再生している、等）といったユビキタスサービスのステータス情報。写真画像とマップして後に参照できるほか、ある時点でのサービスを別の場所や時間で再現するサービス・ローミングにも利用できる。 |

u-Photo 内のネットワーク情報とステータス情報は、画像中のサービスを示す座標とともに XML 形式で記述され、撮影画像の JPEG コメントエリアに保存される。XML 例を図-10 に示す。

```
<u_photo width="640" height="480">
  <timestamp>Thu Sep 09 15:53:00 BST 2004</timestamp>
  <location>Ubicomp Demo</location>
  <focusing_area>
    <service_eyemark id="2" name="TV">
      <coordinate>
        <x>346</x>
        <y>300</y>
      </coordinate>
      <appliance id="2" name="TV" eyemark_type="in">
        <wapplet name="TV">
          <media_type>av</media_type>
          <state>QTAVWapplet|20|rtsp://192。168。1。226/switch1_low。mov|0|533310</state>
          <time>0</time>
          <service_provider>AVProvider</service_provider>
          <ip>192。168。1。226</ip>
        </wapplet>
      </appliance>
      <sensor id="102" name="Mica2" eyemark_type="near">
        <sensor_appli name="brightness">
          <value>4352。0</value>
          <ip>192。168。1。226</ip>
          <port>61284</port>
          <get_command>GET 2 PHOTO</get_command>
        </sensor_appli>
        <sensor_appli name="temperature">
          <value>61187。0</value>
          <ip>192。168。1。226</ip>
          <port>61284</port>
          <get_command>GET 2 TEMP</get_command>
        </sensor_appli>
      </sensor>
    </service_eyemark>
  </focusing_area>
</u_photo>
```


図-10 u-Photo による情報の記述例

### 写真撮影による u-Photo の生成

ユーザの写真撮影のアクションによって u-Photo が生成される。図-11 に、撮影用カメラ、撮影対象、撮影風景、撮影用 GUI を示す。

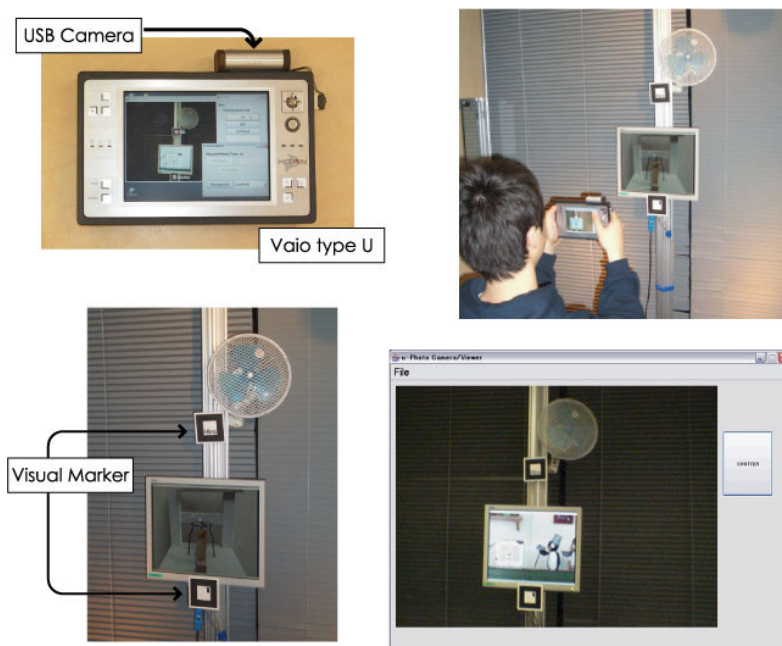



図-11　写真撮影による u-Photo の生成

### カメラデバイス

図-11　左上は、u-Photo を撮影するカメラデバイスとして用いた PC（Sony　Vaio　typeU）に USB カメラを取り付けたものである。ネットワークコネクティビティ、実装したソフトウェアが動作する Java 環境を持つデジタルカメラが現在存在しないためこのようなデバイスを用いたが、将来的には通常のデジタルカメラで実現することを想定している。実装において、u-Photo を撮影する様子を 図-11 右上に示す。Sony Vaio type U のディスプレイには図-11　右下に示す撮影用 GUI が表示される。GUI 上のシャッターボタンを押すと、写真が撮影され、u-Photo を生成できる。

### 画像と情報とのマッピングの認識方法

画像中にどのようなサービスが写っているかを検知するために、情報家電や部屋のインテリアなどサービスの視覚的目印となる実世界オブジェクトをサービスアイマークとして設定し、これらにARToolkit「引用文献3.」の Visual Marker と呼ばれる画像解析用タグを取り付けた（図-11　左下）。写真撮影時に画像中のサービスアイマークを画像解析によって検知し、その情報を元に、対象となるサービスのネットワーク情報、ステータス情報を環境側のサーバや各機器から取得する。

### u-Photo ビューア

撮影した JPEG 形式の u-Photo メディアは、Windows 画像ビューア等の一般的な画像ビューアでも画像のみは閲覧可能である。しかし、専用の u -Photo Viewer で開くことで、u-Photo が取得したユビキタスサービスの情報を表示し、サービスを利用できる。

実装した u-Photo ビューアで u-Photo を開き、サービスを利用する例を図-12 に示す。u-Photo を開くと、ユビキタスサービスのサービスアイマーク（図-12 では扇風機と ディスプレイ）上に赤いアイコンとサービスアイマークの名前が表示される。これをクリックすると、そのサービスアイマークに登録されたサービスがポップアップとして表示される。図-12　では、扇風機をクリックすると扇風機操作のサービスが登録サービスとしてポップアップされる。一つのサービスアイマークに複数のサービスが登録されている場合は、複数個の名前がポップアップ上に表示され、選択できる。ポップアップ中から利用したいサービスを選択すると、該当サービスの GUI が表示され、そこから IP アドレスなどの入力無しにサービスを利用できる。

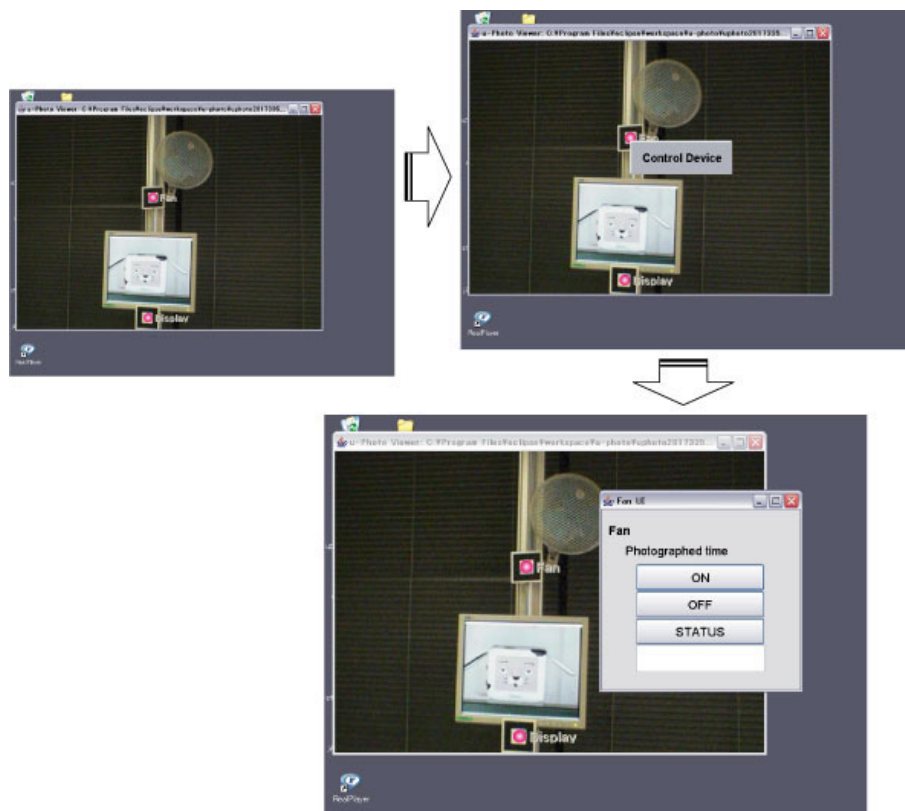



図-12 u-Photo Viewer の GUI シーケンス

3. 異種知的情報空間ミドルウェアの相互接続・運用

個々のミドルウェアにて管理される機器に対して、相互に接続し、管理ドメインを横断してのサービス登録/削除、探索、データ転送等を行うために、(1)プロファイル正規化、(2)サービス記述正規化、(3)ディレクトリ連携、の3つの機能について検討を行った。以降でこれらの機能の詳細について述べる。

(1) プロファイル正規化:

図-13 に示すように、一般的にこの種のミドルウェアが用いるプロファイルには、個々の機器の機能に関する情報、機器のリソースに関する情報、そしてその機器が実世界上ではどのような構造で利用されているかに関する情報が記述されており、これらの情報を記述するフォーマットが個々のミドルウェア毎に大きく異なっている。この相違に対してプロファイルの正規化を行う場合、機能に関する記述では、機能の内容、入出力データの内容及びデータ構造等を示す情報を、またリソースに関する記述ではハードウェア属性等を示す情報を、また機器の実世界上での構造に関する記述では、個々の機器の構造や依存関係等を示す情報を、それぞれ正規化する必要がある。

本研究では、まず以上の各記述の相違に関して検討を行った。その結果、リソースおよび実世界上での構造の記述に関しては、ミドルウェア毎または機器毎にプロファイルに含まれる情報の種類や粒度が大きく異なる一方、機器の機能の記述に関しては、適用場所や提供サービスが類似するミドルウェア同士であれば、機器の機能や入出力に関して、類似する項目が多いという着眼点を得た。そこで本研究では、個々のミドルウェアが用いている複数のフォーマットにおいて、機器の機能に関する記述方法を対象として正規化を行うことにより、相互運用性の検証を行うこととした。

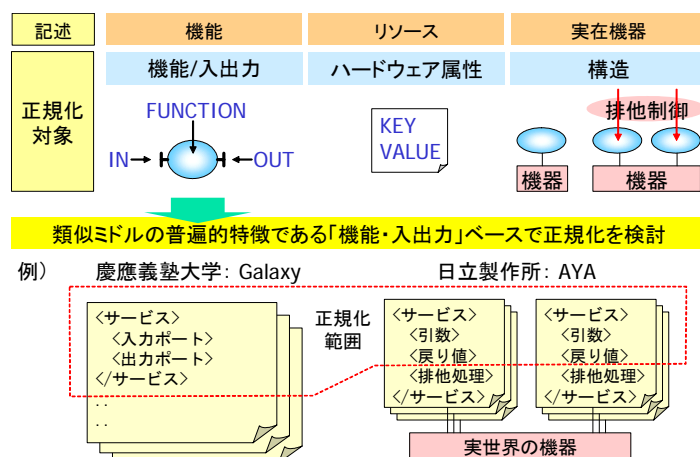



図-13 プロファイル正規化

(2) サービス記述正規化：

(1)で述べたアプローチに従ってプロファイルの正規化を行ったとしても、これらのプロファイルを利用する各ミドルウェアでのサービス記述における相違もあるため、そのままでは相互運用を行うことは困難である。

本研究ではこのサービス記述の相違についても検討を行い、まず、個々のミドルウェアによるサービス記述の手法が、図-14 に示すインタフェース接続型、ワークフロー型、ルール/ロジック型の 3 つの類型の1つあるいは複数を合成したものであるとの検討結果を得た。なお、このようなサービス記述の違いは、各ミドルウェアがそれぞれどのようなアプリケーション(例えばストリーミング配信/制御シーケンス、ビジネスアプリケーション、Context-aware アプリケーション等)を想定して開発がなされたかの違いに起因すると考えられる。

そして、以上の類型による機能の記述を包含する中間記述言語について検討を行い、。言語記述のみでは吸収できない各ミドルウェア間の差異に関しては、これを吸収するソフトウェアコンポーネント(「拡張アダプタ」)を提供するアプローチを提示した。

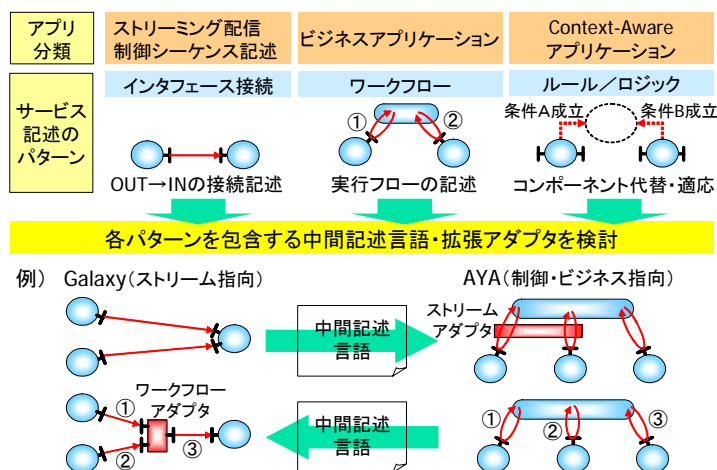
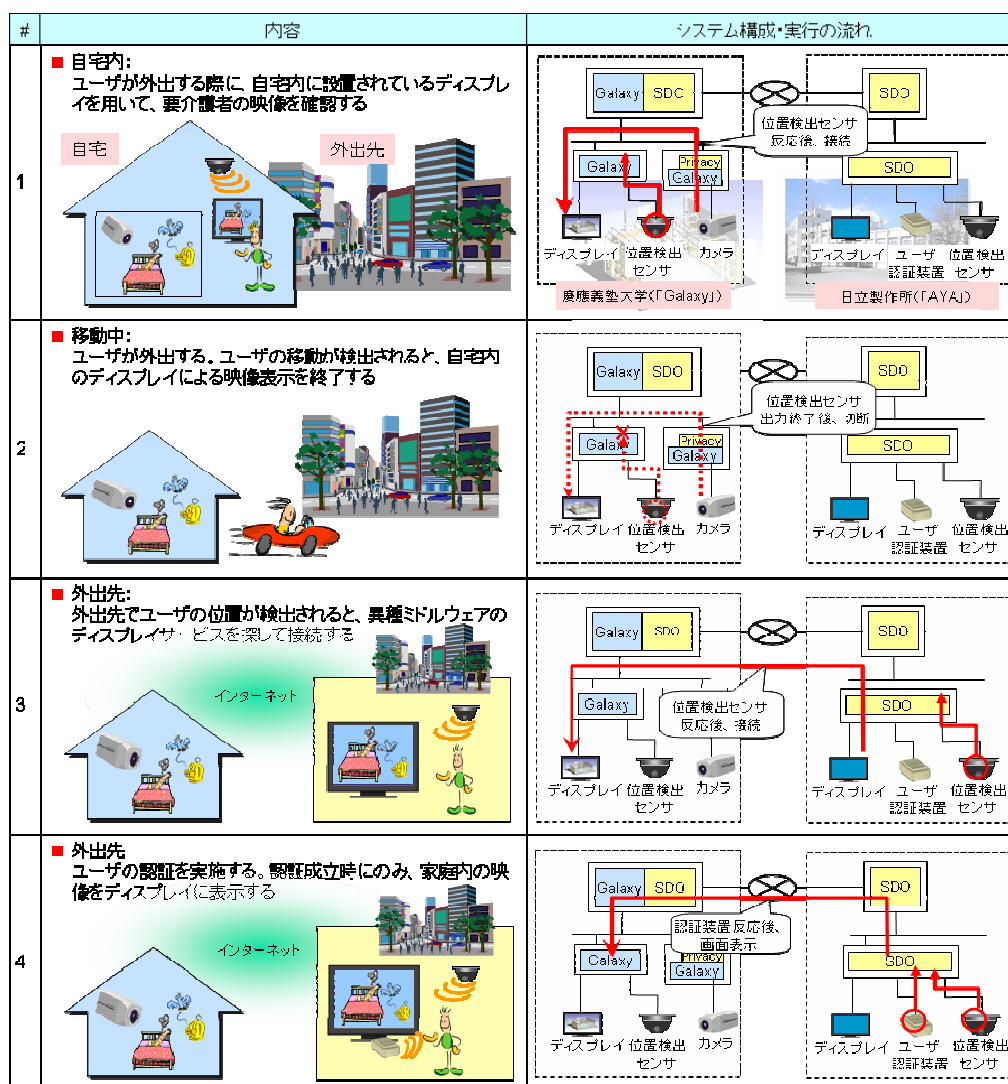



図-14 サービス記述正規化

(3) ディレクトリ連携：

(1)により正規化した機器のプロファイルに基づく情報を異種ミドルウェア間で共有するために、相互のメッセージ通知に基づくディレクトリ連携の機能を設計した。特に機器の起動時及びシャットダウン時のイベント通知、定期的なメッセージ交換による生存状態の共有を行った。

上記にて検討した機能・方式に基づき、慶應義塾大学にて開発したミドルウェアである「Galaxy」と、日立製作所にて開発した「AYA」(超分散)オブジェクト(SDO)ミドルウェアとサービス合成ミドルウェアより成る)を対象として、上記の(1)プロファイル正規化、および(3)ディレクトリ連携、の 2 つの機能の開発を行った。また、開発した機能の有効性を検討するため、図−15 に示すシナリオによるサービスの試作を行った。図に示すシナリオでは、想定アプリケーションとして、家庭内の様子(寝たきりの要介護者やペット等の様子)を、外出先々で、その場にある機器等を用いて継続的に確認するという、見守りサービスを採用した。本シナリオに基づいて、自宅に Galaxy(慶應義塾大学)が導入されており、外出先の環境に AYA(日立製作所)が導入されているとして、各環境にて管理されている機器をユーザの位置に応じて連携させることによるサービス提供を行うことで、異種ミドルウェア間での相互接続・運用の実現性に関して検証を行った。特に、ユビキタス情報システムにおいて従来から検討が行われている、ユーザの位置に基づいた動的な機器連携によるサービスの引継ぎ(Follow-me サービス)(図−15 の1から 3)、および認証に基づく機器へのアクセス制御とプライバシー保護(図−15 の 4)に関して相互接続環境上で試作し、その有効性を確認した。

図−15 相互接続実証実験シナリオ

## ■考　察

本研究ではまずコンテキストを相互に共有するために、多様なユビキタス情報システムから生活空間に埋め込まれたセンシングシステムに対してアクセスするための API の設計と実装を行った。また、API の有用性を評価するために実際に動線検出システムと椅子自動整列システムの 2 つのサービスを開発した。構築したサービスはいずれも想定どおり動作し、多様なサービスを生み出す基盤を構築するという目的は達成することができたといえる。

また、ユビキタスサービスの情報取得、情報管理を容易に、そして効率的に実現する手法として、ユビキタスサービスの情報を記録したデジタルフォトメディア u-Photo を用いた手法を提案し、開発を行った。本研究の実装物を用いて UbiComp 2004、UCS 2004 などの国際会議や様々な場のデモンストレーションを行い、実際に 200 名以上の参加者がこれを使用した。さらに、一部の参加者を対象にユーザビリティテストを実施した。これらにより、本研究の目的であった、ユビキタス空間の情報保存、直感的なユビキタスサービスの利用を実現する技術に関して、開発および検証というプロセスを達成できたといえる。

異種ミドルウェア間の相互運用性に関しては、図-15 に示したシナリオにおいて、前述の3つの検討機能のうち、(1)プロファイル正規化、および(2)ディレクトリ連携の2つを実装し、これらを Galaxy（慶應義塾大学）と AYA（日立製作所）に適用して、両者の間で相互に機器の発見、参照、情報共有を可能とすることで、両ミドルウェアの相互運用性の検証を行った。なお今回は、異種ミドルウェア間での機器の共有を実現するために、プロファイルの正規化およびディレクトリ連携機能の開発に重点的に取り組み、サービス記述及びサービス実行状態の管理に関しては各々のミドルウェアで行うこととした。サービス記述の正規化においては、より相互運用性を高めるサービスレベルでの連携を行うために、デバイスの活用する情報やサービスの粒度に関して更に拡張性の高い記述が必要であることが明らかになった。

以上の検討および試作により、ユビキタス情報社会において想定される各種のアプリケーションに関して、異種ミドルウェア間での相互運用性について検証を実施するテストベッドを構築できたといえる。またこれを応用することにより以下のような効果が得られる。

(1)　ユビキタス環境（機器連携によるサービスの提供可能な環境）の段階的拡張が容易。

(2)　機器やアプリケーションプログラムの設定変更は不要のままで、異種の知的情報空間ミドルウェアの下で稼動している各種機器を相互に接続し、連携動作させたサービスの提供が容易。

本研究では、以上を通じて、本研究の目的とした知的情報環境インフラのミドルウェア構築、並びに異なる実装仕様間での相互運用に関しては達成することができたと考える。同時に、法制度やユーザ工学などとの連携により一層の文理融合が必要な課題を明らかにすることが出来たと考える。

## ■引用文献

1. J. Rekimoto and K. Nagao:「The World Through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World」, In Proceedings of Symposium on User Interface Software and Technology, ACM, (1995)
2. Ferscha and M. Keller:「Digiscope: An Invisible Worlds Window」, In Adjunct Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2003), (2003)
3. H. Kato, M. Billinghurst, I. Poupyrev, K. Imamoto, and K. Tachibana:「Virtual Object Manipulation on a Table-top AR Environment」, In Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality (ISAR 2000), (2000)

## ■成果の発表

### 原著論文による発表

国内誌(国内英文誌を含む)

1. 神武直彦，岩本健嗣，鈴木源太，青木俊，高汐一紀，徳田英幸:「StateSnap:状態再現可能な情報機器操作のためのスナップショットインタフェース」，ヒューマンインタフェース学会論文誌, 6, 379-388,（2004）
2. Takeshi Iwamoto, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda:「u-Snap: A Framework for Describing Snapshot-based Ubiquitous Applications」, IEICE Transactions on Communications, Special section on Ubiquitous Networks,（2005）<投稿中(査読通過/掲載決定)>
3. 山本秀典，鮫嶋茂稔，加藤博光，関口隆昭,:「環境適応サービスを狙いとしたミドルウェア相互接続の一方式」，電気学会 C 部門論文誌(電子・情報・システム部門誌)，(2005) <投稿予定>

国外誌

該当なし

### 原著論文以外による発表(レビュー等)

国内誌(国内英文誌を含む)

1. 鹿島拓也，猿渡俊介，川原圭博，南正輝，森川博之，青山友紀:「センサネットワーク開発用モジュール $U^3$ におけるソフトウェアデザイン及びプロトタイプアプリケーションの実装」,情報処理学会マルチメディア，分散，協調とモバイル(DICOMO2003)シンポジウム, 305-308, (2003)
2. 滝本守朗，猿渡俊介，鹿島拓也，南正輝，横山成昭，森川博之，青山友紀:「無線センサネットワークを用いた動線検出システムの試作」,電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-15-4, (2003)
3. 猿渡俊介，鹿島拓也，谷田部智之，川原圭博，森川博之，青山友紀:「PAVENET: 無線センサネットワーク向け基盤ソフトウェア」,電子情報通信学会総合大会, B-15-39, (2004)
4. 鈴木源太，岩本健嗣，高汐一紀，徳田英幸:「u-Photo:ユビキタス情報を付加した画像を実現する環境情報スナップショットの開発」，情報処理学会システムソフトウェアとオペレーティングシステム研究会研究報告，96(2004-OS-96), 65-72,（2004）
5. 加藤博光，山本秀典，関口隆昭，鮫嶋茂稔，門田昌哉,由良淳一，高汐一紀，徳田英幸:「異種ミドルウェア間連携を実現するユビキタス情報プラットフォームの研究」，情報処理学会 DICOMO2005, (2005) <投稿中(査読中)>
6. Shigetoshi Sameshima, Katsumi Kawano, Kazunori Takashio, Hiroyuki Morikawa, and Masateru Minami:「Opportunities and issues relating to middleware technologies for context-aware service」, Proceedings of SICE Annual Conference 2003 (SICE2003), 2405-2409,（2003）
7. Hiroaki Kawamichi, Takaaki Sekiguchi, Shigetoshi Sameshima, Hiroyuki Morikawa, and Kazunori Takashio:「Opportunities and Issues Relating to Middleware Technologies for Context-aware Services(2)」, Proceedings of SICE Annual Conference 2004 (SICE2004), 2704-2708,（2004）

国外誌

1. Y. Kawahara, M. Minami, H. Morikawa, and T. Aoyama:「Design and Implementation of a Sensor Network Node for Ubiquitous Computing Environment」,In Proceedings of IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference(VTC2003-Fall), (2003)
2. Naohiko Kohtake, Takeshi Iwamoto, Genta Suzuki, Shun Aoki, Daisuke Marudai, Takuya Kouda, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda:「u-Photo: A Snapshot-based Interaction Technique for Ubiquitous Embedded Information」, The 2nd International Conference on Pervasive Computing (Pervasive2004),

Advances in Pervasive Computing, 176(ISBN3-85403-176-9), 389-392, (2004)

3. Takeshi Iwamoto, Genta Suzuki, Shun Aoki, Naohiko Kohtake, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda: 「u-Photo: A Design and Implementation of a Snapshot Based Method for Capturing Contextual Information」, The 2nd International Conference on Pervasive Computing (Pervasive2004), Workshop on Memory and Sharing of Experiences, (2004)
4. Genta Suzuki, Daisuke Maruyama, Takuya Koda, Shun Aoki, Takeshi Iwamoto, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda: 「u-Photo Tools: Photo-based Application Framework for Controlling Networked Appliances and Sensors」, The 6th International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp2004), (2004)
5. Genta Suzuki, Daisuke Maruyama, Takuya Koda, Shun Aoki, Takeshi Iwamoto, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda: 「Playing with Ubiquitous Embedded Information using u-Photo」, Proceedings of IPSJ 2nd International Symposium on Ubiquitous Computing Systems (UCS 2004), (2004)
6. Genta Suzuki, Shun Aoki, Takeshi Iwamoto, Kazunori Takashio, and Hideyuki Tokuda: 「Interacting with Pervasive Information and Services using u-Photo」, The 3rd International Conference on Pervasive Computing (Pervasive2005), (2005) ＜投稿中(査読通過/掲載決定)＞
7. Shigetoshi Sameshima, Hiroaki Kawamichi, Hiromitsu Kato,Takaaki Sekiguchi, Hiroyuki Morikawa,Kazunori Takashio, Hideyuki Tokuda:i : 「Opportunities and Issues Relating to Middleware Technologies for Context-aware Services」, Proceedings of 2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC2004), 5667-5672, (2004)
8. Hidenori Yamamoto and Shigetoshi Sameshima: 「Platform-Independent Domain Management Using Super Distributed Objects (SDO) in Context-Aware Services Systems」, Proceedings of the 2005 International Symposium on Applications and the Internet (SAINT2005) Workshops, 196-199, (2005)

### 口頭発表

招待講演

該当なし

応募・主催講演等

1. 高汐一紀:「『ユビキタス情報基盤の相互運用に関する研究』進捗報告」, 東京, やおよろずフォーラム 2004, 2004.2.20
2. 高汐一紀:「『ユビキタス情報基盤の相互運用に関する研究』進捗報告」, 東京, やおよろずフォーラム 2005, 2005.1.20

### 特許等出願等

1. 「ユビキタス環境情報スナップショットデータの生成方法,閲覧方法,生成装置,閲覧装置及びプログラム並びにユビキタス環境情報スナップショットのデータ構造」, 徳田英幸,高汐一紀他, 特願 2004-058663

### 受賞等

1. 鮫嶋 茂稔:「PIM and PSM for Super Distributed Objects (SDO)」, OMG 標準化, 2003